



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense
Sociedade Brasileira de Física

Jackson Ricardo Marcelino Braz

UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE MAGNETISMO E INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA POR MEIO DE ESTUDO DE CASO

Campos dos Goytacazes/RJ
2020/1



Jackson Ricardo Marcelino Braz

UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE MAGNETISMO E INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA POR MEIO DE ESTUDO DE CASO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: José Luís Boldo

Coorientador: Renata Lacerda Caldas

Campos dos Goytacazes/RJ
2020/1

FICHA CATALOGRÁFICA

Biblioteca Anton Dakitsch CIP - Catalogação na Publicação

B827a Braz, Jackson Ricardo Marcelino
UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE MAGNETISMO E
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA POR MEIO DE ESTUDOS DE CASO /
Jackson Ricardo Marcelino Braz - 2020.
212 f.: il. color.

Orientador: José Luís Boldo
Coorientadora: Renata Lacerda Caldas

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física, Campos dos Goytacazes, RJ,
2020.
Referências: f. 125 a 128.

1. Indução Eletromagnética. 2. Estudo de Caso. 3. Ensino de Física. 4.
Experimentação. I. Boldo, José Luís, orient. II. Caldas, Renata Lacerda,
coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca Anton Dakitsch do IFF
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE MAGNETISMO E INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA POR MEIO DE ESTUDOS DE CASO

Jackson Ricardo Marcelino Braz

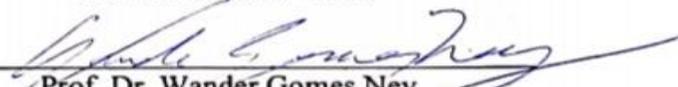
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 29 de Jan de 2020

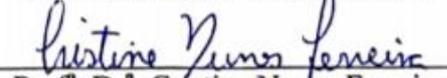
Banca Examinadora:



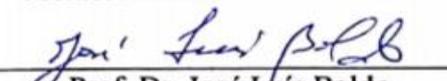
Prof. Dr. Cesar Turczyn Campos
Membro externo - IFES



Prof. Dr. Wander Gomes Ney
Membro interno – IFFluminense



Prof.ª Dr.ª Cristine Nunes Ferreira
Membro interno – IFFluminense



Prof. Dr. José Luís Boldo
Orientador e Presidente da Banca Examinadora - IFFluminense

Campos dos Goytacazes/RJ

2020/1

“Meus filhos, a vida é injusta, mas calma, ela é rápida, simples e indolor.”

Vinícius Guilherme Celante

AGRADECIMENTOS

Ao Criador, por ter me dado o privilégio de existir.

A minha Família Rita, Elias, Hilley, Elias Jr e Tia Ruth pelo apoio incondicional.

Ao MNPEF, IFF e IFES pela oportunidade de aquisição de conhecimento.

Aos meus orientadores, professor Dr. José Luís Boldo e professora Dra. Renata Caldas Lacerda, pela confiança, paciência e compromisso com a ciência.

Aos meus amigos de turma que se mostraram uma excelente rede de apoio: Adriana, Davson, Elisa, Gedmar, Janaína, Thiago, Leomir, Priscila e Rafaella. Meu muito obrigado a vocês.

Aos amigos: Alex Paz, Aline freitas, Allan Rosalino , Bruziellen Altoé, Eduardo Gomes, Everton Bregonci, Fábio Pacheco, Igor Pizetta, Ivi Lorena, Jordão Costa, Juniano Vieira, Karla Pissinate, Kelly Azevedo, Laíze Dalla Bernardina, Lauro Sá, Leandro Bitti, Leonardo Carretta, Lívia Madeira, Luiz Frederico, Maria Eduarda, Perla Torezani, Raiane Totola, Thais Tinôco e Vinícius Celante, que em determinados momentos foram decisivos para a conclusão de mais esta etapa.

Por fim, aos alunos e funcionários da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Primo Bitti”, pelo acolhimento e confiança no meu trabalho.

RESUMO

UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE MAGNETISMO E INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA MEIO DE ESTUDO DE CASO

Jackson Ricardo Marcelino Braz

Orientador: Dr. José Luís Boldo

Coorientadora: Dra. Renata Lacerda Caldas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O objetivo geral da pesquisa é analisar as contribuições do método Estudo de Caso, apoiado pela experimentação, na aprendizagem sobre magnetismo e indução eletromagnética em nível médio. Para tanto foi produzido um material didático com a proposta de atividades facilitadoras da aprendizagem e experimentos confeccionados com materiais de baixo custo, com a finalidade de possibilitar ao aluno a associação do fenômeno físico com aplicações cotidianas. O método de ensino Estudo de Caso foi escolhido por possibilitar ao aluno direcionar sua própria aprendizagem. Para isso foram elaboradas atividades, dentre elas, experimentos para o ensino da temática seguindo os passos do método. Com foco na pesquisa qualitativa, os sujeitos investigados foram alunos de terceira série do ensino médio da Escola Estadual “Primo Bitti” em Aracruz - ES, e mapas conceituais e questões relativas à resolução do Estudo de Caso, serviram de instrumentos de coletadas de dados. Com base nos pressupostos teóricos de Vygotsky, dentre eles, o que trata da interação mediada e Zona de Desenvolvimento Proximal, foram analisados os dados coletados em cada etapa de desenvolvimento do Estudo de Caso. Ao final da aplicação do material os estudantes explicitaram, através das atividades propostas, melhor compreensão dos conceitos abordados e melhor autonomia no processo de aprendizagem.

Palavras-chave: Indução Eletromagnética, Experimentação, Estudo de Caso, Ensino de Física.

ABSTRACT

AN APPROACH TO THE CONCEPTS OF MAGNETISM AND ELECTROMAGNETIC INDUCTION MEANS OF CASE STUDY

Jackson Ricardo Marcelino Braz

Orientador: Dr. José Luís Boldo

Coorientadora: Dra. Renata Lacerda Caldas

Master's Dissertation presented to the Post-Graduation Program of the Fluminense Federal Institute of Education, Science and Technology, in the Professional Master's Course of Physics Teaching (MNPEF), as part of the requisites required to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

The general objective of the research is to analyze the contributions of the Case Study method, supported by experimentation, in learning about magnetism and electromagnetic induction at the medium level. For this, a didactic material will be produced with the proposal of learning facilitating activities, experiments made with low cost materials, with the objective of enabling the student to associate the physical phenomenon with everyday applications. The Case Study teaching method was chosen because it allows the student to direct his own learning. For this purpose, there have been elaborated activities, among them, experimental to teach the subject following the method steps. With focus on qualitative research, the subjects will be third grade students of the "Primo Bitti" State School, in Aracruz - ES, and the data collection instruments were conceptual maps and questions related to the resolution of the Case Study. Based on Vygotsky's theoretical assumptions (Vygotsky, 2003), among them, what deals with mediated interaction and Proximal Development Zone, were analyze the data collected in each stage of development of the Case Study. At the end of the material application, the students explained, through the proposed activities, a better understanding of the concepts covered and a better autonomy in the learning process..

Keywords: Electromagnetic Induction, Experimentation, Case Study, Physics Teaching.

Lista de Figuras

Figura 1: SOS Mogi-Guaçu: mortandade de peixes no Recanto do Sentado.....	25
Figura 2: Modelo de elaboração de mapa conceitual.	28
Figura 3: Linhas de campo magnético.	33
Figura 4: Experimento de Oersted.	34
Figura 5: Experimento de Ampère.	35
Figura 6: Regra da mão direita para o sentido do campo magnético.	35
Figura 7: Esquema de um gerador de corrente alternada.	37
Figura 8: Fachada da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio "Primo Bitti".....	39
Figura 9: Conteúdo Básico Comum - Física - Ensino Médio	41
Figura 10: Estudo de Caso utilizado na intervenção	42
Figura 11: Fixação sugerida para a lâmpada.....	49
Figura 12: Esquema de corte do item 6 do kit experimental.....	50
Figura 13: Detalhe da confecção dos itens 9 e 10.	51
Figura 14: Detalhes da construção do carretel usado nos dos itens 12 e 13.	51
Figura 15: Maquete confeccionada para representar a cidade do Estudo de Caso.....	52
Figura 16: Currículo do terceiro trimestre do estado do Espírito Santo.....	54
Figura 17: Questionário de coleta de concepções prévias aplicado.	57
Figura 18: Texto auxiliar fornecido aos alunos sobre magnetita e seus usos na orientação. ..	58
Figura 19: Texto auxiliar fornecido aos alunos sobre o experimento de Oersted.....	59
Figura 20: Atividade de catalogação dos ímãs.	60
Figura 21: Eletroímã.....	61
Figura 22: Experimento motor elétrico.	62
Figura 23: Lista de exercícios aplicada.	63
Figura 24: Experimento do alternador.	64
Figura 25: Anel saltante	65
Figura 26: Transformador.....	66
Figura 27: Simulação da queda de energia elétrica na maquete.	74
Figura 28: Ímã atraindo a agulha de uma bússola.	77
Figura 29: Representação do campo magnético com bússolas sem considerar polaridade. ...	78
Figura 30: Representação do campo magnético considerando a atração dos polos opostos...78	
Figura 31: Modelo de representação do campo por meio de linhas.....	79
Figura 32: Representação do campo magnético por setas.....	79

Figura 33: Garrafa magnética e linhas de campo.....	80
Figura 34: Alunos visualizando as linhas de campo com auxílio da garrafa.	80
Figura 35: Aluna testando o eletroímã.	82
Figura 36: Experimento de Oersted feito em sala de aula.....	83
Figura 37: Representação da climatização pelo grupo do shopping.	84
Figura 38: O grupo da usina abordando o funcionamento do gerador.....	87
Figura 39: Experimento de gerador elaborado pelo grupo.....	88
Figura 40: Experimento do gerador elétrico do <i>kit</i> experimental.....	89
Figura 41: O mapa conceitual construído pela turma.....	94
Figura 42: Formulário de avaliação da aplicação da proposta didática.	95
Figura 43: Resoluções da primeira questão do questionário.....	97
Figura 44: Resoluções da segunda questão do questionário.	98
Figura 45: Resoluções da terceira questão do questionário.....	98
Figura 46: Resoluções da quarta questão do questionário.....	99
Figura 47: Resoluções da quinta questão do questionário.....	100
Figura 48: Resoluções da sétima questão do questionário.....	101
Figura 49: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela metalúrgica.	109
Figura 50: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pelo shopping.....	111
Figura 51: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela usina.	112
Figura 52: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela igreja.....	113
Figura 53: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela subestação.....	114
Figura 54: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela padaria.	115
Figura 55: Costuma se ausentar às aulas de física?.....	116
Figura 56: Qual seu nível de esforço para estudar física?.....	117
Figura 57: Tem hábito de tirar dúvidas com o professor dentro ou fora das aulas?	117
Figura 58: Qual o seu grau de dificuldade com a disciplina de física?.....	118
Figura 59: Você considera a utilização de experimentos feitos com materiais de baixo custo importante para compreensão do conteúdo?	118
Figura 60: A resolução de um caso baseado em fatos vividos na escola tornaram as aulas mais interessantes?.....	119
Figura 61: Você considerou importante para a compreensão do conteúdo, o uso da maquete simulando os problemas relatados no Estudo de Caso?	119
Figura 62: Os conteúdos abordados tem relevância em sua vida?.....	120
Figura 63: Os assuntos abordados foram objetivos e claros?.....	120

Figura 64: A distribuição de conteúdo ao longo da proposta foi adequada?	121
Figura 65: Como você avalia o método de ensino abordado durante a aplicação da proposta didática?.....	121
Figura 66: Desenho técnico dos itens 16 e 1 do kit experimental.....	132
Figura 67: Garrafa antes e depois de exposição a campos magnéticos.....	134
Figura 68: Linhas de campo.	134
Figura 69: Esquema de montagem do eletroímã.....	136
Figura 70: Funcionamento de um eletroímã.	136
Figura 71: Esquema de montagem de um motor elétrico.....	138
Figura 72: Motor elétrico.	138
Figura 73: Esquema de montagem experimento “geração de energia”.	139
Figura 74: Experimento de geração de energia elétrica.	140
Figura 75: Esquema montagem experimento “anel saltante”.	141
Figura 76: Experimento “anel saltante” com espira aberta e espira fechada.	142
Figura 77: Esquema de montagem do transformador de corrente alternada.....	143
Figura 78: Protótipo de um transformador de corrente alternada.	144
Figura 79: Esquema de montagem de um “forno de indução eletromagnética”.....	146
Figura 80: Montagem final do “forno de indução eletromagnética”.	147

Lista de Quadros

Quadro 1: Componentes do <i>kit</i> experimental.....	45
Quadro 2: Cronograma de conteúdos e momentos.....	54
Quadro 3: Lista de presença, datas dos encontros e divisão dos grupos.....	68
Quadro 4: Resumo dos conteúdos trabalhados.....	69
Quadro 5: Categorização das respostas dadas ao questionário de coleta das concepções prévias.	96
Quadro 6: Distribuição das respostas à sexta questão do questionário.....	100
Quadro 7: Respostas dos grupos à primeira questão do EC.....	102
Quadro 8: Respostas dos grupos à segunda questão do EC.....	103
Quadro 9: Respostas dos grupos à terceira questão do EC.....	105
Quadro 10: Respostas dos alunos à quarta questão do EC.....	106
Quadro 11: Respostas dos alunos à quinta questão do EC.....	107
Quadro 12: Respostas dos alunos à sexta questão do EC.....	108
Quadro 13: componentes do <i>kit</i> experimental.....	161

LISTA DE SIGLAS

EC – Estudo de Caso

LDB - Lei de Diretrizes e Bases da Educação

MNPEF- Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

ZDP – Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
2.1	A teoria de aprendizagem de Vygotsky.....	19
2.2	Estudo de Caso como método de ensino.....	21
2.2.1	A elaboração de um Estudo de Caso.....	24
2.2.2	Os tipos de Casos.....	25
2.3	Mapas conceituais.....	26
2.3.1	Elaboração de Mapas Conceituais.....	27
2.4	A experimentação no ensino de Física.....	28
2.5	Magnetismo e Indução Eletromagnética.....	32
3	METODOLOGIA.....	39
3.1	A pesquisa.....	39
3.2	Contexto da pesquisa.....	39
3.3	Instrumentos.....	41
3.4	A proposta didática.....	43
3.5	Análise dos dados.....	43
4	DESCRIÇÃO DO PRODUTO.....	44
4.1	Considerações sobre o produto.....	44
4.2	O <i>kit</i> experimental.....	44
4.2.1	Obtenção dos itens do kit.....	49
4.3	Maquete.....	52
4.4	Roteiro do produto.....	53
5	Descrição e análise da aplicação do produto.....	68
5.1	Análise dos instrumentos.....	96
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
7	REFERÊNCIAS.....	125

8	Apêndice I.....	130
9	Apêndice II.....	132
10	Apêndice IV.....	135
11	Apêndice V.....	137
12	Apêndice VI.....	138
13	Apêndice VII.....	140
14	Apêndice VIII.....	142
15	Apêndice IX.....	145
16	APÊNDICE X.....	148
17	Anexos.....	149
	Anexo I – Produto Educacional.....	150

1 INTRODUÇÃO

O Ensino Médio no Brasil constitui a etapa final do processo de educação básica e tem como finalidade a formação de um cidadão inserido na realidade social onde vive, sendo capaz de desenvolver competências para a compreensão e intervenção em diversos processos e tecnologias presentes na vida cotidiana e profissional, de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 2000, p. 6-7).

No que se refere ao processo de aprendizagem de Física (assim como outros componentes curriculares) acredita-se que o mesmo ocorre de forma satisfatória quando desperta o interesse do aluno. Por outro lado, sabe-se que existem fatores como o número reduzido de aulas semanais, a falta de aulas práticas, além da apresentação de conteúdos de forma puramente formal e desconectados com a realidade dos alunos, que corroboram o insucesso desse processo (COELHO, 1999; MULINARI *et al*, 2013).

Outro aspecto desse fracasso é a aplicação excessiva de expressões matemáticas no ensino de Física, na tentativa de inserir os conceitos puramente pela memorização das mesmas, sem dar ênfase aos conceitos fundamentais (MENDES & BATISTA, 2016, p.758).

De acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 46-47), as propostas para o ensino de Física, que muitas vezes visam somente a preparação para vestibulares e outros exames similares, devem objetivar a investigação, a reflexão e a autocrítica, com intuito de tornar mais eficaz a busca pelo conhecimento.

Ainda segundo Coelho (1999, p. 1-2), os fatores negativos citados anteriormente muitas vezes resultam na falta de interesse por parte dos alunos pela disciplina, impactando diretamente na formação acadêmica dos mesmos. De fato, a Física envolve a discussão de conceitos básicos como força, energia, luz, entre outros, que estando bem compreendidos, auxiliam na compreensão de outros componentes curriculares (SILVA; TAVARES, 2005, p. 6-7).

Diante do cenário apresentado e com o intuito de contribuir positivamente para o processo de aprendizagem dos conceitos relacionados ao eletromagnetismo, a proposta deste trabalho é realizar uma intervenção didática que busque fazer a conexão entre os conceitos de magnetismo e indução eletromagnética com o funcionamento de alguns equipamentos elétricos e eletrônicos presentes no cotidiano dos alunos, utilizando a abordagem do método de ensino chamado Estudo de Caso.

Com esse propósito, foi montada a maquete baseada na cidade de Aracruz-ES (localidade na qual residem os alunos) e cujo funcionamento de alguns setores apoia-se nos conceitos básicos de magnetismo e de indução eletromagnética. A maquete foi utilizada para

auxiliar a solução de um Estudo de Caso (SÁ, QUEIROZ, 2015)¹, proposto previamente aos alunos.

Inicialmente, foram verificados os conhecimentos prévios dos alunos através da aplicação de um questionário e a resolução preliminar do Estudo de Caso. No que se refere aos conceitos físicos, foram abordados os aspectos básicos da geração de campos magnéticos por distribuições de corrente, além da força magnética sobre fios de corrente. Posteriormente, foi discutida a lei de indução de Faraday, em que campos elétricos induzidos podem ser gerados através da variação de um fluxo de campo magnético (podendo gerar correntes induzidas em circuitos elétricos).

Em todas as etapas foram realizados experimentos demonstrativos contidos na própria maquete e (ou) separadamente, que auxiliaram na solução do caso e, conseqüentemente, na construção do conhecimento científico. Finalmente, a retomada do Estudo de Caso e confecção de mapa conceitual, a fim de avaliar se houve indícios de aprendizagem significativa.

Assim, acerca desta pesquisa, faz-se a seguinte indagação: Quais as contribuições diante de uma proposta de ensino baseada na estratégia didática Estudo de Caso, visando a compreensão do funcionamento de dispositivos elétricos e eletrônicos pondo em evidência conceitos básicos de magnetismo e de indução eletromagnética em nível médio?

O tema escolhido nos parece relevante, pois é possível encontrar importantes aplicações dos conceitos de eletromagnetismo no contexto social em que os alunos se encontram.

[...]o aluno depende do contexto social; de suas expectativas para alcançar objetivos pessoais e coletivos; e das relações entre aluno e professor; aluno e aluno; aluno e classe; aluno e conhecimentos a serem ensinados; aluno e saberes individuais; e aluno e representações sociais. (BRASIL, 2006, p. 48).

Tendo em vista esta relação da aprendizagem com o contexto social, e suas relações, a Teoria de Aprendizagem de Vygotsky, também conhecida como “teoria histórico cultural”, também leva em consideração características sociais, quando afirma que o ser humano se caracteriza por uma sociabilidade primária e precoce, afirmando assim a interação social como meio de transformação dos processos e interiorização dos fenômenos (IVIC, 2010, p. 17). Segundo Oliveira (1995, p.27), Vygotsky entende a relação humana com o mundo como

¹ Segundo Sá e Queiroz, o método de Estudo de Casos é uma variante do método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), também conhecido como *Problem Based Learning* (PBL). O método se baseia na apresentação de problemas reais aos alunos e busca a promoção do aprendizado de conceitos científicos, o estímulo ao pensamento crítico e à habilidade de resolução de problemas.

fundamentalmente mediada, predominando sobre relações diretas. Moreira (2009, p.19), por sua vez, afirma que este processo é a única via para a imersão cultural e social do indivíduo na realidade que se encontra.

A consideração do ambiente social desta teoria levou a escolha da método de ensino Estudo de Caso, atrelado a construção de uma maquete da cidade aonde os alunos vivem, como meio de imersão do conteúdo ministrado na realidade deles. Este método é baseado na resolução de problemas, valorizando o conhecimento geral e aplicado, além do conteúdo ministrado (DEUS, 2010, p.4).

Para Sá *et al.* (2007), um bom Estudo de Caso deve narrar uma história que desperte interesse, inquietação e empatia dos alunos pela questão, de forma a atrair os mesmos para a causa central que é resolver o Caso. Além disso, este deve estar vinculado à realidade social que o aluno vivencia, reforçando o seu papel como sendo o principal tanto na resolução do caso quanto no processo de aprendizagem.

Com a aplicação desse método, buscou-se melhorar os indícios de aprendizagem, baseado no suporte teórico da teoria de Vygotsky, a qual valoriza as construções individuais e interações com meio externo, a fim de possibilitar o acompanhamento do desenvolvimento dos alunos envolvidos na pesquisa.

As atividades desenvolvidas na pesquisa foram realizadas por meio de aulas expositivas e experimentais, construídas com material de baixo custo, e objetivando favorecer a compreensão de situações cotidianas. Para isso, enfatizou-se a interação dos alunos com os materiais dos experimentos e dos alunos entre si. O conteúdo abordado de magnetismo e indução eletromagnética priorizou a discussão de temas relacionados à realidade social dos alunos, através da utilização da maquete da cidade em onde eles moram.

Esta pesquisa tem um enfoque qualitativo, por se ocupar da compreensão de um fenômeno social e a sua relação com estudos já feitos. Neste enfoque o ambiente de pesquisa surge como fonte de dados a serem considerados pelo pesquisador, e o processo de aquisição de dados se torna muito influente na interpretação do resultado.

O referencial teórico que serviu de alicerce para o desenvolvimento deste trabalho, na coleta de dados e interpretação, está apresentado no segundo capítulo, onde discute-se também, o processo de construção da aprendizagem segundo a Teoria de Vygotsky, utilizando o seu conceito de social, cultural e interacionista.

Posteriormente serão apresentadas e discutidas as intervenções experimentais com material de baixo custo, no ensino de ciências, visando suporte prático de execução dos conceitos da teoria de Vygotsky. O Estudo de Caso como estratégia de ensino por investigação será apresentado também neste capítulo, que também abarca uma discussão sobre mapas conceituais e sua utilização na comunicação entre professor e aluno. Por fim, será feito um estudo sobre magnetismo e indução eletromagnética, em nível médio, além de suas aplicações no dia-dia.

A metodologia utilizada para efeito de Ensino e Pesquisa será abordada no terceiro capítulo, com o objetivo de descrever as condições de campo e suas especificidades, e também buscando evidenciar as competências e possibilidades do material proposto, com enfoque da aprendizagem dos conteúdos de magnetismo e indução eletromagnética em nível médio.

O quarto capítulo conta com uma descrição do produto educacional desenvolvido, bem como materiais necessários e descrição de montagens de experimentos. Além disso, conta com uma proposta de roteiro de atividades a serem realizadas com o objetivo de resolver um Estudo de Caso relativo à temática da indução eletromagnética e suas aplicações cotidianas.

O quinto capítulo descreve o desenvolvimento das atividades com a turma durante a aplicação do produto e posteriormente uma análise das atividades avaliativas, como questionário de coleta de concepções prévias, Estudo de Caso, Mapa conceitual e questionário de avaliação da proposta.

As considerações finais deste trabalho se encontram no sexto capítulo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O capítulo a seguir visa apresentar e discutir as os referências que embasam esta pesquisa, fundamentando as suas etapas, a fim de possibilitar a interpretação dos dados coletados.

2.1 A teoria de aprendizagem de Vygotsky

Nascido em Orsha, um povoado da Bielo-Rússia, Lev Semionovich Vygotsky (1896-1943), fez o ensino secundário em Gomel, e em Moscou, a partir de 1912, estudou na universidade, filosofia, história e direito, com isso adquiriu bastante domínio nas ciências humanas, inicialmente com literatura, filosofia e história, onde fez algumas obras. Após esse período, começou a se interessar com afinco pela psicologia publicando sua primeira obra na área em 1925 *Psicologia da Arte*, e por questões pedagógicas, publicando em 1922 uma obra sobre métodos de ensino de literatura em escolas secundárias (COELHO – PISONI, 2012, p. 145). Voltando a Gomel, após a universidade, se dedicou a cuidar de crianças deficientes, o que o motivou posteriormente a elaborar sua teoria. (IVIC, 2010, p. 12-13)

Iniciou sua carreira após a Revolução Russa, onde desenvolveu sua teoria sobre a ligação forte entre linguagem e pensamento. Mesmo tendo forte influência marxista, sua obra não obteve sucesso na União Soviética, sendo conhecido como comunista de direita, acreditava num desenvolvimento da aprendizagem interativo entre os sujeitos e objetos envolvidos. (COELHO – PISONI, 2012, p. 146)

Sua teoria se dedica ao estudo de processos mentais superiores, que são mecanismos psíquicos mais elaborados que tipificam o ser humano em ser consciente, e responder com liberdade aos estímulos do ambiente, diferente dos processos mentais elementares, que são ações que não passam por um senso avaliativo, são simplesmente condicionadas e repetidas. Segundo Vygotsky o ser humano não é completo sem acompanhar o desenvolvimento da própria espécie, enxergando o outro como parte, isto se evidencia desde a primeira infância, quando o contato da criança com a cultura ocorre exclusivamente de forma assimétrica em relações com adultos, estes são responsáveis em criar seus signos e instrumentos necessários para o desenvolvimento comportamental. (OLIVEIRA, 1995, p.26)

Atualmente conhecida como “teoria histórico cultural”, também leva em consideração características sociais, quando afirma que o ser humano se caracteriza por uma sociabilidade primária e precoce, afirmando assim a interação social como meio de transformação dos processos e interiorização dos fenômenos (IVIC, 2010, p. 17). Segundo Oliveira (1995, p.27),

Vygotsky entende a relação humana com o mundo como fundamentalmente mediada, predominando sobre relações diretas. Moreira (2009, p.19) afirma que este processo é a única via para a imersão cultural e social da criança na realidade que se encontra, dividindo esta mediação em dois grandes grupos: signos e instrumentos.

O conceito de instrumento na teoria de Vygotsky tem muita relação com as influências marxistas de sua obra, enxergando nas relações de trabalho, como ferramentas que possibilitam a interação do homem com o objeto, sendo indispensáveis e carregando uma função própria. Os animais também tem registros de uso de instrumentos, como subir em algo para alcançar uma fruta, ou utilizar um galho, porém diferente dos humanos, não guardam este instrumento e nem transmitem como conhecimento aos outros membros do grupo. Sendo assim se encaixam na definição desta teoria, os instrumentos humanos. (OLIVEIRA, 1995, p.29)

Moreira (2009, p.20) afirma que o signo carrega um significado para uma sociedade específica que realmente não é, como exemplo uma palavra, que significa algo em um idioma e em outro idioma tem significado diferente, gestos, ícones e figuras, são outros exemplos de signos para Vygotsky.

A utilização dos sistemas de instrumentos e signos de forma mediada se retroalimenta, internalizando significados e possibilitando a interação do indivíduo com o ambiente. A linguagem atua como um sistema de signos importante, permitindo apropriação dos significados e com isso permite o pensamento de conceitos e propósitos, de forma a passar a também contribuir com a sociedade e não apenas ser estimulado, concluindo constantemente o processo de interação, resultando em aprendizagem (COELHO – PISONI, 2012, p. 148; MOREIRA, 2009, p.21).

A capacitação especificamente humana para a linguagem habilita as crianças a promoverem instrumentos auxiliares na solução de tarefas difíceis, a superarem a ação impulsiva, a planejarem a solução para um problema antes a sua execução e a controlarem seu próprio comportamento. Signos e palavras constituem para as crianças, primeiro e acima de tudo, um meio de contato social com outras pessoas. As funções cognitivas e comunicativas da linguagem tornam-se, então, a base de uma forma e superior de atividade nas crianças distinguindo-as dos animais (Vygotsky, 2003, p. 38).

Vygotsky entende que como na linguagem, a real importância está em aprender uma estrutura lógica do sistema de conhecimento, e não apenas as informações ou conceitos de forma rígida e isolada, tornando-os de difícil análise e compreensão. Neste contexto está inserida a noção de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que para Vygotsky, é a diferença do desempenho em uma atividade individual, e a mesma atividade de forma mediada

por alguém mais experiente. Isto permite analisar o desenvolvimento de forma individual, porém considerando também os diversos fatores do meio como influência. O conceito de ZDP é dinâmico, e muda de acordo com o desenvolvimento (IVIC, 2010, p. 31-32).

[...] Resumindo, o aspecto mais essencial de nossa hipótese é a noção de que os processos de desenvolvimento não coincidem com os processos de aprendizado. Ou melhor, o processo de desenvolvimento progride de forma mais lenta e atrás do processo de aprendizado; desta sequenciação resultam, então, as zonas de desenvolvimento proximal. Nossa análise modifica a visão tradicional, segundo a qual, no momento em que uma criança assimila o significado de uma palavra, ou domina uma operação tal como a adição ou a linguagem escrita, seus processos de desenvolvimento estão basicamente completos. Na verdade, naquele momento eles apenas começaram. A maior consequência de se analisar o processo educacional desta maneira, é mostrar que, por exemplo, o domínio inicial das quatro operações aritméticas fornece a base para o desenvolvimento subsequente de vários processos internos altamente complexos no pensamento das crianças (VYGOTSKY, 2003, p. 64).

Este desenvolvimento gradual por zonas considera etapas de formação intelectual. Inicialmente ocorre uma agregação destes conhecimentos de forma desorganizada, de maneira mais elementar, posteriormente acontece um agrupamento com relações e conceitos próprios, e ao final, utiliza-se de um conceito potencial, começa a perceber características comuns que progressivamente se tornam mais elaboradas e formando ligações mais complexas e significantes (MOREIRA, 2009, p.22).

Na teoria de Vygotsky o desenvolvimento da aprendizagem acontece utilizando a interação com o meio, e entre os alunos, e sempre mediada pelo professor. Possibilitando experiências com seus encontros culturais, é importante também atenção com a definição dos limites da ZDP, para direcionar os estímulos da melhor forma possível. Buscando uma aprendizagem com avanço relativo ao desenvolvimento obtido, o mediador é responsável por estas medidas e observar o retorno que o aprendiz dá a cada estímulo. A compreensão do nível de internalização de cada estímulo facilita a definição do próximo estímulo, que pode variar de acordo com o melhor desenvolvimento observado, sempre utilizando da interação com mediador, aprendizes, instrumentos e signos (IVIC, 2010, p. 30-33; MOREIRA, 2009, p.22-23).

2.2 Estudo de Caso como método de ensino

Originada no Canadá, na Universidade de Mc Master, no fim dos anos 60, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP, ou PBL em inglês *Problem Based Learning*) tinha aplicação na escola de saúde, os alunos eram expostos a situações reais no final dos cursos,

visando a interface com a realidade como tomadas de decisão e direcionamento da própria aprendizagem. (SÁ, FRANCISCO & QUEIROZ, 2007, p.1)

O Estudo de Caso veio da ABP e sua utilização na educação aparece em Cambridge, na Inglaterra, em 1972, na Conferência Internacional de Educação, como descritivo apenas (ANDRÉ, 2005, *apud* DEUS, CUNHA & MACIEL, 2010, p.3). A popularização do método no ensino de ciências se deu segundo Sá et al. (2007), com a publicação do artigo “*Case Studies in Science – A Novel Method of Science Education*” seguido de outros artigos no *Journal of College Science Teaching*. A publicação deste artigo foi muito importante e até originou uma seção na revista.

No Brasil, o Grupo de Pesquisas em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (GPEQSC), sob coordenação de Salete Linhares Queiroz, foi o pioneiro no desenvolvimento do método desde 2000, contribuindo assim para sua divulgação, mantendo também base de dados virtual², com material didático e instrução para aplicação (QUEIROZ, 2015).

Ao focalizar um problema prático, o Estudo de Caso apresenta características interessantes para a aprendizagem, podendo usar o conhecimento geral que o aluno possui e não apenas de uma disciplina específica, visando formar novos modelos de assimilação da realidade com a inserção de novos elementos. Além disso, possibilita ao estudante ter autonomia durante o desenvolvimento do estudo, explorando situações-problema mais complexas, comparadas ao ensino tradicional (SÁ *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2011).

Conforme Silva *et al.* (2011) o método utiliza-se de narrativas de questões reais ou simuladas em que determinado indivíduo vivencia situações de tomada de decisão, buscando resolver determinado Caso. Desta forma o estudante precisa compreender a narrativa, o papel do personagem e o contexto que está inserido para cumprir a tarefa.

O Estudo de Caso também possui a característica de fomentar a interação entre os alunos através da resolução dos casos em equipe, podendo beneficiar a capacidade de comunicação e troca de experiências entre os alunos. Para atingir esses objetivos pode se usar também as aulas expositivas, trabalhos em grupo e promover debates.

² Material didático disponível em <www.gpeqsc.com.br>.

Para praticar este método é necessário seguir fases pré-determinadas, que, de acordo com Linhares e Reis (2008) e Sá *et al.*(2007), geralmente, são três. A primeira fase, a exploração, é responsável pela ambientação do participante, onde se estabelecem as questões, se localizam sujeitos e são definidos instrumentos e ações. Nesta etapa é apresentado o material e justificada a escolha e relevância do tema. Na sequência o aluno resolve o Caso com seus conhecimentos prévios e, a seguir, o professor apresenta elementos que supram as falhas das concepções prévias. Na segunda etapa são apresentados textos de apoio, experimentos e atividades para fixação do conteúdo proposto e, na sequência, são promovidos debates sobre as apreensões mediados pelo professor, enfatizando os pontos mais relevantes. Na terceira fase, é realizada a coleta de dados ou delimitação. Finalmente, é feita a análise desses dados para uma nova resolução do Caso. Após a execução destas fases, é elaborado o relatório final do participante e um retorno do aplicador com as considerações observadas, podendo ainda, de acordo com o resultado das soluções, sugerir implantação ou publicação.

Existem algumas estratégias de aplicação que são sugeridas por Herreid (1998) como principais entre as diversas abordagens:

- *de atribuição individual*: o estudante resolve sozinho o caso e depois demonstra para o aplicador o caminho até a solução.
- *de palestra ou aula expositiva*: o professor conta histórias bem elaboradas, dando enfoque aos objetivos do caso, e, assim, fomentando o debate entre os alunos.
- *de discussão*: o Caso contém um dilema a ser resolvido como ponto chave, e o professor provoca a sugestão dos alunos sobre suas perspectivas sobre o problema. Geralmente envolve tomada de decisão.
- *de atividades em pequenos grupos*: tem como característica marcante a cooperação, os alunos trabalham em equipes pequenas e individualmente leem o caso, posteriormente se reúnem e apresentam contribuições para a resolução, esse processo se repete até atingir uma resolução satisfatória para o caso.

Para Herreid (1998), de forma geral as estratégias podem ser aplicadas a qualquer caso dependendo da preferência do professor, que atuará a todo tempo como mediador do processo, direcionando as atividades para os objetivos pré-determinados.

Segundo Queiroz (2012, p. 19), é recomendável para utilização do método em sala de aula, uma leitura clara do Caso com esclarecimentos de palavras e expressões, a fim de melhorar

a compreensão da proposta; identificar os problemas; fazer ligação com os conhecimentos prévios e realidade do participante e resumir a partir destes conhecimentos as situações; formular objetivos; estimular individualmente a participação.

2.2.1 A elaboração de um Estudo de Caso

Para Sá *et al.* (2007) um bom Estudo de Caso deve narrar uma história que desperte o interesse dos alunos pela questão, gere inquietação e empatia de forma a atrair os mesmos para a causa central que é resolver o Caso. Além disso, ele deve estar inserido no contexto da disciplina, estar bem definido e escrito de maneira estruturada.

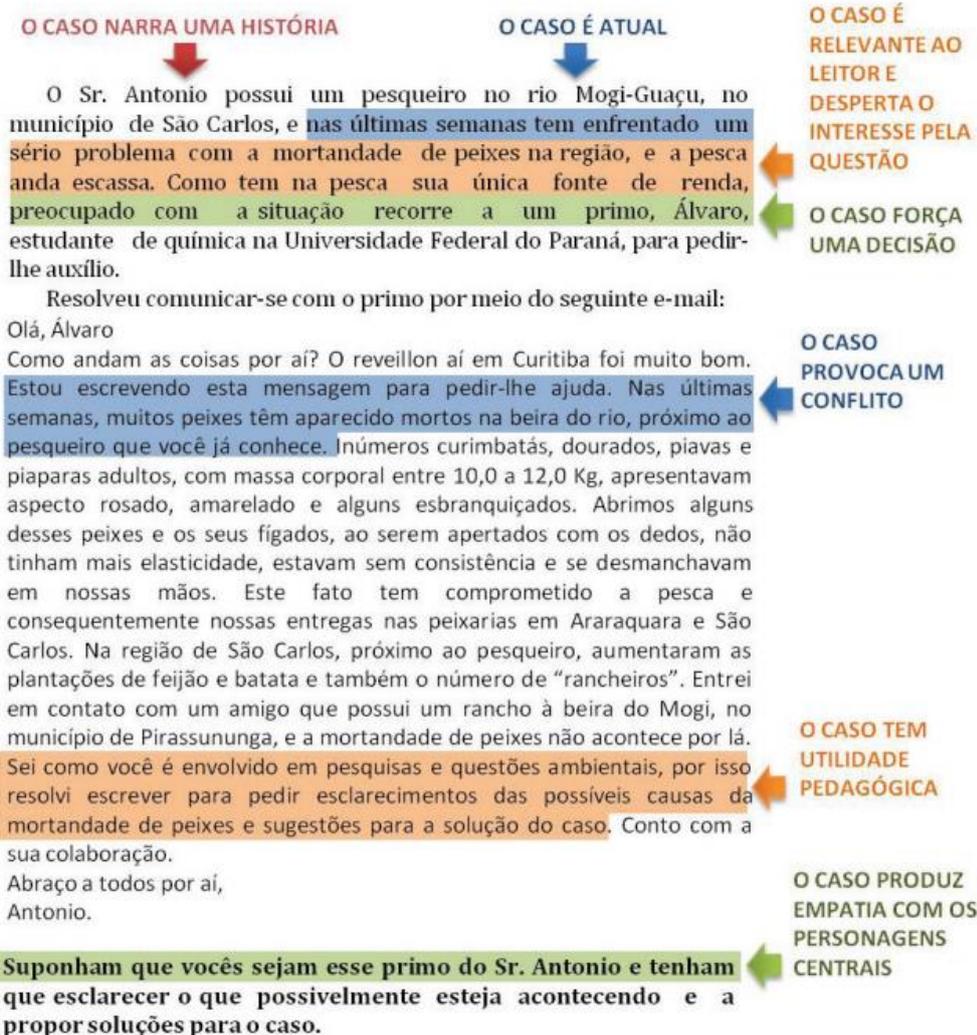
Herreid (1998) baseado em entrevistas e questionários dirigidos a professores e alunos, enumera alguns requisitos importantes que um Estudo de Caso precisa contemplar, ou seja:

- Deve contar uma história;
- Se delimitar em uma questão interessante;
- Ser atual;
- Conter citações;
- Criar empatia com os personagens centrais;
- Ser relevante para o leitor;
- Ter utilidade pedagógica;
- Provocar conflitos;
- Forçar uma tomada de decisão;
- Seja conciso.

A Figura 1 traz o caso SOS Mogi-Guaçu: mortandade de peixes no Recanto do Sentado, elaborado na pesquisa de Silva *et al.* (2011, p. 188), que aplica de forma simples características de um bom caso.

Figura 1: SOS Mogi-Guaçu: mortandade de peixes no Recanto do Sentado.

SOS Mogi-Guaçu: mortandade de peixes no pesqueiro Recanto do Sentado



Fonte: < http://www.qnesc.sbg.org.br/online/qnesc33_3/185-RSA09110.pdf >. Acesso em 08/05/2018.

O caso utilizou como tema gerador a água, por proporcionar uma abordagem ampla e envolver questões socioeconômicas e ambientais, inspirou-se na escassez do pescado e na poluição da água, para desenvolver a narrativa.

2.2.2 Os tipos de Casos

Sá e Queiroz (2009) classificam o Estudo de Caso de acordo com o caráter abordado, separando em dois tipos: o de caráter científico, que aborda conteúdo da área de Ciências, com

objetivo de resolver um problema em específico, e o de caráter sócio-científico que faz questionamentos ligados ao cotidiano, incentivando a atitude social e tomada de decisão, abordando problemas ambientais, impactos e consequências da aplicação da tecnologia no dia a dia. Stinner *et al.* (2003) cita o Estudo de Caso histórico, que utiliza de fatos históricos que tiveram contribuição científica, para abordar a natureza da ciência, o desenvolvimento científico, além de servir como ferramenta para o ensino de ciências.

Lopes *et al.* (2015) realizou uma pesquisa-intervenção com objetivo de refletir sobre algumas questões do ensino de Física a partir da utilização dos Estudos de Caso sócio-científicos numa turma do curso técnico em Meio Ambiente do PROEJA. Com o objetivo de estimular a participação e fomentar o protagonismo do aluno no aprendizado, desenvolveu Estudos de Casos na perspectiva do ensino por investigação. A análise das respostas dos alunos foi feita através da teoria de Vygotsky e verificou, que o método contribuiu para a apropriação dos conceitos científicos pelos estudantes, através de discussões realizadas em sala de aula e dos posicionamentos assumidos por estes estudantes durante ou após as aulas de resolução dos Casos.

A presente pesquisa aborda o Estudo de Caso de caráter sócio-científico devido a ligação que possui com a teoria de Vygotsky, que norteia os estudos, considerando a interação entre os participantes, o contexto sócio-cultural e trabalhando com conceitos prévios para a resolução do caso, além de valorizar o processo de desenvolvimento.

2.3 Mapas conceituais

Mapas conceituais são diagramas hierárquicos que mostram a relação entre conceitos, estabelecendo proposições. A técnica foi desenvolvida década de 1970 na Universidade de Cornell por Joseph Novak e seu grupo de pesquisa, e teve como base a teoria de aprendizagem construtivista de David Ausubel (MOREIRA, 1997).

Novak e Gowin (1984) apresentam o mapa conceitual como um recurso de comunicação entre o professor e o aluno, funcionando como norteador para as ideias principais de cada conteúdo e suas relações, e entre aluno e professor mostra o padrão esquemático compreendido, e direciona as novas ações tomadas pelo professor.

Esta dinâmica de aplicação apresentada pela técnica é sugerida por Moreira e Buchweitz (1993) como possibilidade de instrumentalizar um meio de avaliação e recurso de aprendizagem. Novak e Gowin (1984) reiteram a relevância dos mapas conceituais na

aprendizagem e alertam sobre a importância da compreensão dos alunos com a proposta e operacionalização da ferramenta com o objetivo de possibilitar uma análise avaliativa adequada.

(...)quando o aluno explica o seu mapa, a externalização de suas representações internas, ou de sua aprendizagem, aumenta muito. Para obter evidências de aprendizagem significativa é muito mais importante que o aluno seja capaz de explicar, justificar, descrever, seu mapa conceitual do que “apresentar um mapa correto”. Certamente, essa explicação pode ser uma apresentação oral do mapa, por exemplo, aos colegas na presença do professor (MOREIRA, 2013, p. 37).

Desta forma, os mapas conceituais explicitam a organização conceitual do conteúdo assimilado pelo aluno, podendo ter a aplicação avaliativa, levando em conta a evolução das proposições feitas nos mapas em ordem cronológica, e sua relação com os conceitos discutidos. Além disso, tem potencial para ser usado pelo estudante como recurso de aprendizagem nas mais variadas ocasiões de sua vida.

De acordo com Moreira (1997), a análise dos mapas conceituais deve ser feita de forma qualitativa, levando em consideração o caráter pessoal de cada mapa. Considerando essas características, não se pode atribuir o conceito de “certo” ou “errado” aos mapas, ou seja, devem ser analisados a procura de evidências de aprendizagem.

2.3.1 Elaboração de Mapas Conceituais

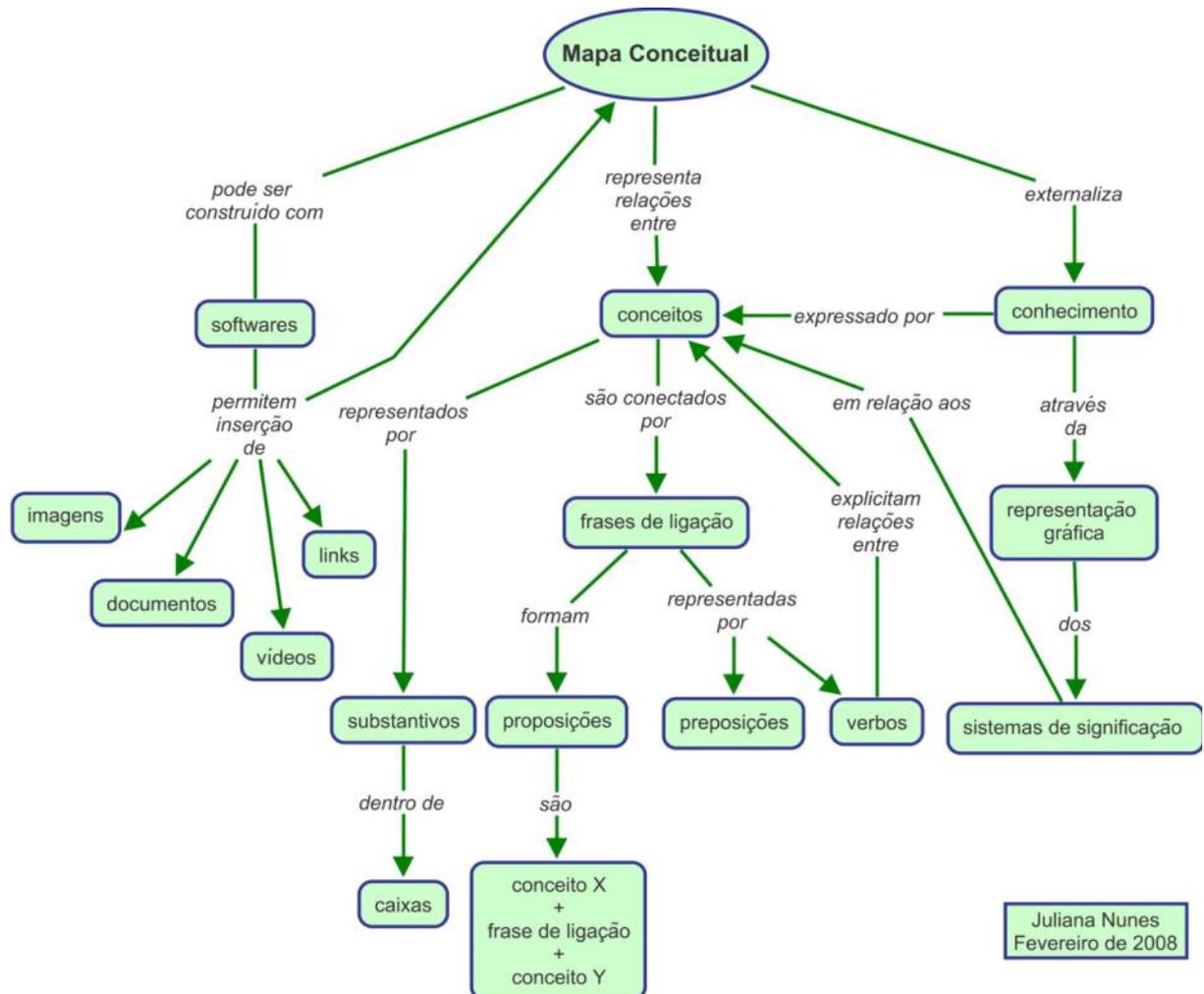
Os mapas conceituais propostos tem sua estrutura baseada em duas classes de palavras, os conceitos e as palavras de ligação.

Os conceitos são palavras que carregam significado próprio. Novak e Gowin (1984) ilustram os conceitos como palavras que nos possibilitam imagens mentais, mesmo que diferentes entre os indivíduos em se tratando da mesma palavra. As palavras de ligação não carregam significado próprio, porém são importantes na confecção do mapa pois, ao conectar dois conceitos, constroem expressões.

A confecção dos mapas deve seguir uma ordem hierárquica (Figura 2), evidenciando os conceitos mais abrangentes e seguindo em direção aos mais específicos. Os conceitos devem estar dentro de figuras geométricas³, e as palavras de ligação interceptando as linhas que conectam os conceitos. Opcionalmente pode se usar linhas com setas para mostrar o sentido das relações entre os conceitos.

³ Moreira (1997) sugere que os conceitos mais abrangentes estejam dentro de elipses e os menos abrangentes dentro de retângulos.

Figura 2: Modelo de elaboração de mapa conceitual.



Fonte: <http://www.corais.org/sites/default/files/user/u3/juliana_1.jpg> Acesso em 15/05/2018

2.4 A experimentação no ensino de Física

Nas últimas décadas, a área de ensino de ciências tem mostrado crescente interesse de seus pesquisadores pela melhoria no processo de ensino, buscando conhecer melhor o processo de aquisição de conhecimento e, a partir disso, desenvolver novas intervenções (LABURÚ, 2006, p. 383; OLIVEIRA, 2010, p. 140).

Dentre as estratégias de ensino de física, a experimentação tem sido amplamente debatida e explorada. O PCN+ trata a experimentação como cotidiana e, por isso, indispensável ao ensino:

(...) A experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de todos nós. Assim, a ideia de experimentação como atividade exclusiva das aulas de laboratório, onde os alunos recebem uma receita a ser seguida nos mínimos detalhes e cujos resultados já são previamente conhecidos, não condiz com o ensino atual. As atividades experimentais devem partir de um problema, de uma questão a ser respondida (BRASIL, 1999, p.26).

Embora recomendada em documento oficial, a prática de experimentação encontra dificuldades devido à falta de estrutura de laboratórios nas escolas (SILVA e LEAL, 2017, p. 2), que quando possuem, geralmente estão em mau estado de conservação.

De acordo com Araújo e Abib (2003, p.176), o entendimento da natureza da ciência, neste caso a Física, influencia diretamente na formação do cidadão, na medida em que consegue compreender o contexto social e suas responsabilidades para com o meio, sendo este o objetivo das novas propostas de ensino. Pena e Filho (2009) relatam que mesmo existindo uma quantidade de trabalhos relevantes na área, é notável a baixa aplicação em sala de aula, e pouca apropriação das pesquisas por parte dos professores em sala de aula.

Segundo afirma Zimmermann (2005, p.28), o laboratório enquanto estrutura, não limita as atividades experimentais científicas, pois independente do ambiente, desde que permita a observação de fenômenos e aquisição de dados, pode se considerar um laboratório. Esta ausência de estrutura implica não apenas na falta de aulas experimentais, que poderia ser resolvida com um investimento nesta área, mas também por tirar a familiarização dos profissionais de ensino com essa estratégia didática. Isso acaba ocasionando falta de organização da condução das atividades, além de insegurança ao ministrar o conteúdo. (HODSON, 1994 *apud* SILVA e ZANON, 2000, p. 124; Reginaldo et al, 2012, p. 9).

Laburú (2006) fala das atividades experimentais como contribuição importante para consolidação das atividades tradicionais, devido seu caráter motivador:

(...) ponderamos que o emprego de atividades experimentais, quando embutidas de traços motivadores, contribui de forma importante, ainda que parcial e temporária, para o objetivo de prender a atenção dos alunos. Inclusive, essa contribuição provavelmente, estenda de modo favorável sua influência no desenvolvimento de etapas menos motivadoras, mas que são necessárias para completar determinada atividade escolar (LABURÚ, 2006, p. 386).

A motivação na atividade experimental é reiterada por Barberá e Valdés (1996, p. 369), que citam como contribuição para o interesse científico a aproximação da realidade científica

com o cotidiano do aluno, mostrando a possibilidade de que qualquer pessoa pode praticar a ciência e, conseqüentemente, quebrando o paradigma distante do cientista padrão.

Segundo Hodson (1994, p. 305), o desenvolvimento do conhecimento científico se dá através da investigação ancorada em conceitos prévios, e a exposição a novos conhecimentos provoca desconstrução e reconstrução, sendo assim existe a necessidade de o professor não apresentar uma verdade definida e pronta, mas apresentar um marco conceitual, que dê liberdade de investigação e construção de conceitos pessoais e subjacentes pelo estudante.

É importante ao planejar uma atividade prática possibilitar que o aluno entenda a necessidade de uma bagagem teórica para um desenvolvimento adequado das propostas da experimentação. Conforme a definição de Seré *et al.* (2003, apud MOREIRA, 2015, p. 17), a experimentação tem um papel de ligação e significação entre três polos: conceitos; leis e teorias; as linguagens e simbolismos da Física.

De fato, o aluno não sistematiza o conhecimento teórico de forma automática, necessitando relacionar os conceitos com algo já compreendido. Neste sentido, a atividade experimental constitui um elo de ligação entre o mundo abstrato de leis, conceitos e linguagens até então não familiares ao mundo empírico do aluno. Além disso, esta relação entre o conhecimento da sala de aula com o empírico não é estabelecida caso o roteiro do experimento esteja muito abstrato, não permitindo ao aluno participar de forma ativa, como críticas, tomada de decisão e estabelecimento de interligações.

(...) Utilizar experimentos como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos, é uma forma de levar o aluno a participar do seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a agir sobre seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando portanto, uma explicação causal, para o resultado de suas ações e/ou interpretações (CARVALHO, *apud* REGINALDO *et al.*, 2012, p. 10).

Para Hodson (1994, p. 305) a utilização de um método de aprendizagem que exija uma postura ativa por parte dos alunos, ao invés do tradicional seguimento de roteiro determinado, favorece o desenvolvimento do aluno.

As atividades experimentais feitas em laboratórios tradicionais, geralmente apresentam um roteiro bem definido, que cabe ao aluno tarefas como, observar, coletar dados e calcular resultados esperados, muitas vezes já conhecidos pelo próprio operador, deixando em segundo plano a análise e interpretação dos dados obtidos e também o significado que a atividade tem num contexto externo ao ambiente acadêmico. Deste modo essa prática causa pouco impacto

nas concepções prévias e não atinge uma reflexão sobre a natureza científica (BORGES, 2002, p. 296).

Ainda sobre laboratórios tradicionais e o avanço do conhecimento a partir de conceitos prévios já sistematizados pelo estudante, os laboratórios de física como conhecemos, além de pouco disponíveis, tem o inconveniente de contar com equipamentos caros, delicados e de difícil manutenção, tendo assim baixa disponibilidade.

Outro ponto a se considerar é que a grande maioria dos equipamentos especializados não pertencem ao cotidiano do aluno, tornando a familiarização com o equipamento mais uma tarefa para cumprimento em aulas experimentais já escassas, diminuindo ainda mais o tempo dedicado a reflexão científica e formação de senso crítico (BORGES, 2002, p. 296 – 298, LABURÚ, 2008, p. 169 - 170).

A importância dos laboratórios tradicionais de física de maneira nenhuma pode ser negada, por unir condições e estruturas complexas de obter em experimentos externos. Porém se faz necessário a elaboração das atividades respeitando os estudos na área de aprendizagem e tornando o aluno sujeito ativo das investigações.

Partindo desse cenário, surge a necessidade de uma alternativa para a inserção de atividades experimentais bem planejadas e elaboradas objetivando um potencial educativo, e com participação ativa do aluno em todas as etapas. Essa alternativa precisa também ter fácil reprodução por alunos e professores, além de ter pouca ou nenhuma dependência de estrutura de laboratórios de física, visto que sua ausência é generalizada no sistema de ensino, e quando existem, não tem condições ideais, salvo raras exceções.

As atividades regidas por roteiros tradicionais são chamadas por Borges (2002, p. 369) de problema fechado, em que os estudantes ficam a cargo de coletar dados e concordar ou não com uma afirmação prévia, em contra ponto fala de problema aberto, em que o estudante formula todo o problema até sua resolução. É necessário um nível intermediário em que o aluno seja atuante no processo de aprendizagem e tenha acompanhamento instrutivo do professor durante a atividade.

As atividades de experimentação com material de baixo custo e fácil acesso, tem características que podem amenizar ou resolver essas dificuldades, em relação à utilização da experimentação no ensino de ciências (LABURÚ, 2008, p. 170 – 171). Este material tem alta disponibilidade na sociedade, ou seja, nem sempre precisa ser comprado, pois pode ser oriundo

de sucatas e doações - essa característica também propicia ao aluno conhecer melhor a região que está inserido. Além disso, experimentos desta natureza não ficam vinculados ao espaço do laboratório, podendo ser facilmente executados em salas de aulas, feiras e mostras científicas. O aluno sempre será parte importantíssima no processo de desenvolvimento, pois também cabe a ele a confecção do material de aula, e inspirando por isso maiores cuidados e possibilidades de manusear materiais cotidianos que não são usualmente aplicados em ambiente escolar.

Laburú (2008, p.171) também salienta que o material de baixo custo não implica sempre baixa tecnologia, pois podemos empregar LEDs, transistores, visores de cristal líquido, entre outros, que podem ser obtidos em sucatas de material eletrônico, ou em lojas do ramo por valores acessíveis.

Silva e Leal (2017) apresentam uma proposta de laboratório de física com experimentos de baixo custo, envolvendo alunos de licenciatura em física, elaborando roteiros, construindo experimentos e auxiliando professores de ensino médio na aplicação para alunos de nível médio. Analisaram as opiniões dos professores participantes, relatórios e questionários feitos pelos alunos e observaram nas respostas uma melhoria na prática experimental dos professores e licenciandos, além do aumento no aproveitamento, e na relação entre a teoria a experimentação por parte dos alunos.

A experimentação, utilizando materiais de baixo custo, que será aplicada nesta pesquisa pretende fornecer recursos para compreensão de fenômenos físicos e suas aplicações tecnológicas pelos alunos, através da investigação científica. Os experimentos serão montados tanto de forma individual, quanto inseridos na maquete de uma cidade, em que os diversos setores da mesma funcionarão graças aos fenômenos magnéticos e da indução eletromagnética. Desta forma, é esperado que os experimentos façam a interação entre o cotidiano do aluno e o conteúdo ministrado.

2.5 Magnetismo e Indução Eletromagnética

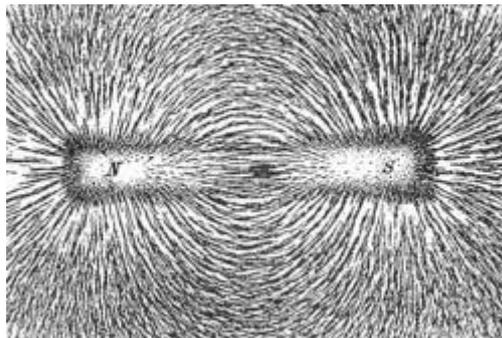
Os primeiros registros de fenômenos magnéticos que se tem notícia foram observados no século IV A.C, pelos Gregos, em Magnésia, uma cidade da Ásia. Lá eles descobriram um minério de ferro – a magnetita (Fe_3O_4) – que tinha a propriedade de atrair pedaços de ferro. O nome da cidade deu origem ao termo magnetismo, termo usado para estudar as propriedades desses imãs.

Por volta do século XI D.C. os chineses já utilizavam a magnetita como orientação (uma espécie de bússola) em que um fragmento de magnetita bem delgado era suspenso por algum tipo de fio flexível. Logo, percebeu-se que o fragmento se alinhava com a direção norte – sul.

Também foi na China a origem dos primeiros imãs artificiais: peças e ferramentas de ferro eram atritadas em pedaços de magnetita e, quando se fazia sempre no mesmo sentido, esses objetos passavam a atrair outros fragmentos de ferro. Já em 1600, William Gilbert, ao fazer experimentos com um imã esférico e agulhas magnéticas, observou que a Terra se comporta como um imã em que seu campo magnético interage com o campo de uma bússola, ocasionando a orientação da mesma na direção norte-sul. (ROCHA, 2011).

Ao expor um imã a limalhas de ferro, nota-se que a limalha se concentra em duas regiões mais específicas (Figura 3), que são os polos magnéticos. As limalhas descrevem trajetórias que unem os polos e são chamadas linhas de campo magnético.

Figura 3: Linhas de campo magnético.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Campo_magn%C3%A9tico. Acesso em 25/02/2018.

Segundo Halliday e Resnick (2012, p. 203), o conjunto destas linhas forma o campo magnético \vec{B} que é definido como sendo uma grandeza vetorial tangente às linhas de campo e apontando no sentido do polo norte de uma bússola teste colocada no local.

Todas as tentativas de isolar os monopolos magnéticos fracassaram; sempre que se fragmenta um imã, surgem novamente polos norte e sul. A inexistência de monopolos magnéticos pode ser descrita formalmente através da seguinte equação:

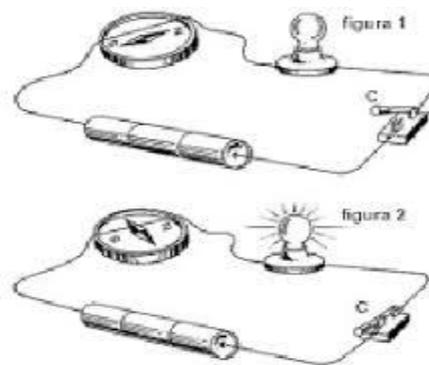
$$\oint \vec{B} \cdot \hat{n} dA = 0 \quad (1)$$

Esta afirma que o fluxo do campo magnético através de uma superfície fechada é nulo, ou seja, o fluxo de linhas de campo que entra é igual (mas com sinal oposto) ao fluxo de linhas de campo

que sai da superfície. Essa propriedade está atrelada ao fato que as linhas de campo magnético são contínuas e não convergem ou divergem de polos isolados.

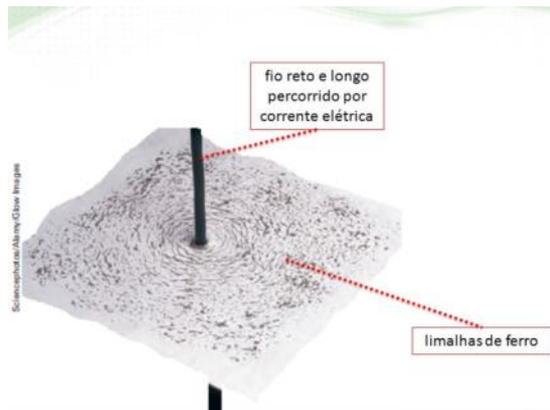
Em 1820, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1820), ao realizar um experimento (Figura 4) em que um fio era percorrido por uma corrente elétrica, percebeu que a agulha de uma bússola ao lado do condutor defletia sempre que ocorria passagem de corrente elétrica pelo fio. Este experimento mostrou que um campo magnético é gerado por cargas em movimento e, conseqüentemente, correlacionou a eletricidade com o magnetismo.

Figura 4: Experimento de Oersted.

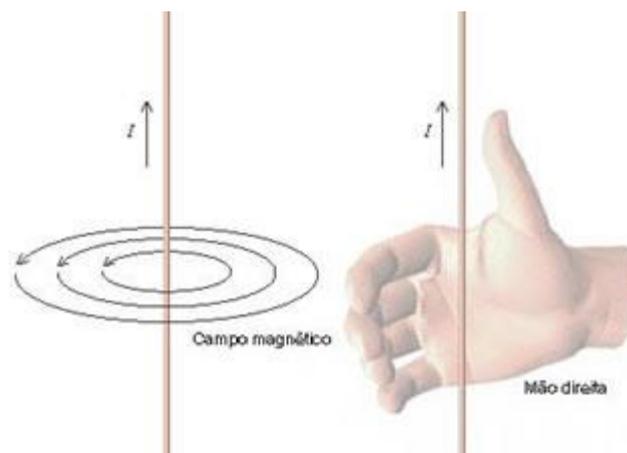


Fonte: <http://magnetismonaweb.blogspot.com/2012/10/campo-magnetico-das-correntes-eletricas.html>. Acesso em 25/02/2018

Após a descoberta de Oersted, André-Marie Ampère (1775-1836), fez experimentos a fim de conhecer as características do campo magnético gerado por distribuições de corrente elétrica. Para isso utilizou um condutor retilíneo atravessando perpendicularmente um papel e limalhas de ferro sobre o papel (Figura 5). Quando há passagem de corrente elétrica no condutor, as limalhas se alinham sobre o papel de forma concêntrica ao eixo do condutor. Para saber o sentido das linhas de campo, Ampère utilizava uma bússola próxima ao condutor, e percebeu que o sentido das linhas de campo se alterava de acordo com o sentido da corrente. Da descoberta de Ampère surgiu a regra da mão direita (Figura 6), em que fechando a mão direita envolvendo o fio, com o polegar no sentido convencional da corrente, a ponta dos outros dedos indica o sentido do campo \vec{B} .

Figura 5: Experimento de Ampère.

Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/3817986/>. Acesso em 25/02/2018.

Figura 6: Regra da mão direita para o sentido do campo magnético.

Fonte: [http://brasilecola.uol.com.br/upload/e/fig2\(2\).jpg](http://brasilecola.uol.com.br/upload/e/fig2(2).jpg). Acesso em 25/02/2018.

Conforme Rocha (2011, p. 190), em 30 de outubro de 1820, Jean B Biot e Félix Savart, formularam a lei de Biot-Savart que fornece o campo magnético produzido por uma distribuição de corrente estacionária. Nela, um elemento de corrente-comprimento ($id\vec{s}$) produz um campo magnético ($d\vec{B}$) num ponto P ou seja:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{id\vec{s} \times \vec{r}}{r^3} \quad (2)$$

onde μ_0 é a constante de permeabilidade magnética no vácuo e \vec{r} é o vetor que localiza o ponto P , em relação ao elemento de corrente-comprimento. O campo magnético total no ponto P é

calculado por integração. A partir da lei de Biot-Savart também é possível deduzir a lei de Ampère, a saber:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i \quad (3)$$

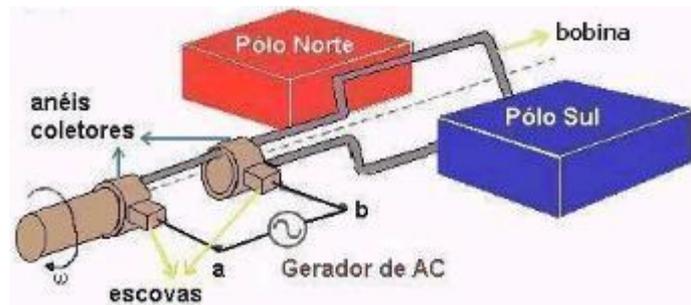
Esta é útil para o cálculo de campos magnéticos gerados por correntes estacionárias com alto grau de simetria. A mesma também constitui uma das equações de Maxwell para a magnetostática.

A descoberta do campo magnético gerado por corrente elétrica foi um fato bastante importante e, em contrapartida, vários cientistas buscaram o oposto, ou seja, gerar corrente elétrica através de um campo magnético. Em 1831, dois cientistas deram importantes contribuições para esse fenômeno conhecido como indução eletromagnética, a saber, o Inglês Michael Faraday (1791-1867) e o americano Joseph Henry (1797-1878).

Faraday foi um dos maiores experimentais da época, tendo contribuições em áreas como eletroquímica e óptica. Em 1831, ele fez um experimento em que duas bobinas foram dispostas ao longo do mesmo eixo. Nos terminais da primeira ele conectou um galvanômetro e nos terminais da outra uma bateria. Faraday verificou que ao ligar ou desligar o circuito da bateria, havia deflexão do ponteiro do galvanômetro, indicando a passagem de corrente elétrica. Os resultados deste experimento foram comunicados à Royal Society em novembro de 1831. Em 1832 Henry publicou resultados semelhantes aos de Faraday.

Em um novo experimento, Faraday substituiu a bobina e a bateria por um ímã permanente, e concluiu que o ponteiro só defletia quando existia movimento relativo entre o ímã e a bobina: ao aproximar o ímã a corrente fluía num sentido, ao afastar no sentido oposto. Este experimento feito por Faraday é muito empregado até os dias de hoje na produção de energia elétrica, com os geradores de corrente alternada (AC) ou alternadores. Nestes, grandes bobinas são acopladas em turbinas e giram entre ímãs permanentes, o campo magnético variável causado pelo giro, induz uma força eletromotriz (FEM) alternada nas bobinas e, conseqüentemente, corrente alternada. A FEM alternada é levada até anéis coletores na ponta do eixo e escovas encostadas nos anéis permitem a passagem da corrente para o sistema de distribuição, como mostrado na Figura 7.

Figura 7: Esquema de um gerador de corrente alternada.



Fonte: <http://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAAIGUAD-21.jpg>. Acesso em 28/02//2018.

A lei de Faraday é definida a partir do fluxo de campo magnético, Φ_B , sendo o módulo da FEM (ε) induzida, numa bobina com N espiras, igual ao negativo taxa de variação, com o tempo, do fluxo Φ_B , ou seja:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (4)$$

Os sistemas de transmissão de energia utilizam um outro dispositivo baseado na indução eletromagnética, a saber, os transformadores. Com eles é possível aumentar ou diminuir a tensão alternada, conforme a conveniência: para o transporte de energia a longas distâncias eles são utilizados para aumentar a tensão alternada recebida pelos geradores e, com isso, minimizar a dissipação energia nos fios da rede; posteriormente, a tensão é reduzida para fins domésticos e industriais.

No caso de um campo magnético variável no tempo aplicado em um circuito elétrico em repouso, a FEM induzida deve-se ao campo elétrico induzido pela variação do campo magnético. Com isso, a lei de Faraday pode ser escrito como:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot \hat{n} dA \quad (5)$$

O estudo do eletromagnetismo teve a contribuição crucial do físico e matemático britânico, James Clerk Maxwell (1831-1879). Ele acrescentou na Lei de Ampère, um termo em que um campo elétrico variável no tempo também gera um campo magnético induzido. Com isso, Maxwell conseguiu tornar as equações do eletromagnetismo compatíveis com a conservação da carga elétrica. Além disso, ele mostrou que os campos eletromagnéticos se propagam no vácuo com a velocidade da luz. Segue abaixo, as equações do eletromagnetismo conhecidas como equações de Maxwell. Nelas estão contidos os principais conceitos discutidos

nesta pesquisa, e fundamentam o funcionamento de dispositivos eletromagnéticos do nosso cotidiano.

Lei de Gauss para campo elétrico:

$$\oint \vec{E} \cdot \hat{n} dA = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (6)$$

Lei de Gauss para campo magnético:

$$\oint \vec{B} \cdot \hat{n} dA = 0 \quad (7)$$

Lei de Faraday:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot \hat{n} dA \quad (8)$$

Lei de Ampère-Maxwell:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot \hat{n} dA \quad (9)$$

No que se refere ao movimento de uma carga elétrica q , com velocidade, \vec{v} , imersa em uma região em que existem campos elétrico e (ou) magnético, \vec{B} , a mesma fica submetida a uma força conhecida como força de Lorentz.

$$\vec{F}_B = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (\text{Equação 10})$$

A partir da expressão acima também é possível obter a expressão para a força magnética sobre um fio percorrido por uma corrente. No caso de um fio retilíneo de comprimento L , percorrido por uma corrente i e imerso em um campo magnético constante \vec{B} , o vetor força magnética sobre esse comprimento de fio é dado por:

$$\vec{F} = i\vec{L} \times \vec{B} \quad (11)$$

em que \vec{L} é um vetor cujo módulo é o comprimento L do fio e possui o mesmo sentido da corrente elétrica i .

3 METODOLOGIA

3.1 A pesquisa

Para Moreira (2003, p. 30) metodologia da pesquisa em educação é dividida em pesquisa qualitativa e quantitativa. A primeira ocorre quando a realidade é socialmente construída e interpretada, e o objeto de investigação é influenciado pelo processo investigativo. A pesquisa quantitativa é objetiva e usa instrumentos precisos em representar a realidade, independente do processo de investigação.

Esta pesquisa adota caráter qualitativo, pois objetiva interpretar dados e atribuir significados de acordo com o contexto do sujeito em estudo, utilizando questionários, depoimentos e observações para coleta de dados.

3.2 Contexto da pesquisa

Esta sequência didática foi aplicada na Escola Estadual de Ensino Médio "Primo Bitti" (Figura 8) no bairro Coqueiral, em Aracruz/ES, que foi fundada em 1984 com o nome de Escola de 1º e 2º Graus de Coqueiral. Adotou o nome atual em homenagem ao ex-prefeito da cidade, Primo Bitti. Atualmente conta com cerca de mil alunos e funciona nos turnos matutino, vespertino e noturno, ofertando ensino médio regular e Educação de Jovens e Adultos (EJA).

Os sujeitos investigados na presente pesquisa são os vinte e sete alunos da turma 3m1, 3ª série do Ensino Médio, os quais foram previamente divididos em seis grupos (sendo que, cada grupo representa um estabelecimento da cidade-maquete). Os grupos são constituídos por quatro ou cinco integrantes, sendo um líder-representante, escolhido por sorteio, o qual sorteará os integrantes restantes.

Figura 8: Fachada da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio "Primo Bitti".



Fonte: do autor.

De acordo com o Currículo Básico da Escola Estadual do Estado do Espírito Santo (ESPÍRITO SANTO, 2009), o ensino médio regular no estado é integralizado em no mínimo três anos, sendo organizado em três séries anuais que são subdivididas em três trimestres cada. O tema magnetismo e de indução eletromagnética, que será abordado neste trabalho, está inserido no terceiro trimestre da terceira série.

Conforme o Currículo Básico da Escola Estadual (ESPÍRITO SANTO, 2009), o conteúdo de física apresentado no ensino médio deve estar articulado com temas aplicados ao cotidiano do aluno. Desta forma, o conhecimento científico deve tratar da preservação do meio ambiente, e da melhoria das condições de vida da comunidade.

(...) o ensino de Física deve ser pautado em quatro aspectos: aquisição de um vocabulário básico de conceitos científicos, a compreensão da natureza do método científico, a compreensão do impacto da ciência e da tecnologia sobre os indivíduos, o meio ambiente e a sociedade, e, finalmente, a conscientização de que a Física é, também, uma Ciência experimental (ESPÍRITO SANTO, 2009, p. 78)

Além de ressaltar o caráter experimental da física, o currículo trata de um objetivo interdisciplinar voltado para a cidadania, permitindo ao aluno desenvolver a capacidade de interpretação de fatos, fenômenos e processos naturais, refletindo sobre os aspectos que o desenvolvimento causa à humanidade.

A proposta de trabalho do currículo é pautada no contexto histórico e conhecimento prévio do aluno, que fornece base para a formulação da reflexão acerca dos conceitos físicos. Apenas após a compreensão dos conceitos básicos, é recomendada a introdução dos algoritmos para resolução dos exercícios formais. Desta forma o entendimento da base conceitual atua como conhecimento prévio para a análise matemática de cada fenômeno.

As diversas formas de interação dos estudantes sempre são mediadas pelo professor, e são as formas de obtenção de conhecimento. Além de debates e atividades em grupo, o currículo recomenda a utilização de experimentação, que de modo geral deve prosseguir após o estudo teórico de cada conteúdo. Caso seja necessária a aplicação experimental antes da teoria, deve se preocupar com a contextualização do tema, para evitar uma experimentação que busca resultados em detrimento do processo de obtenção deles (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Figura 9: Conteúdo Básico Comum - Física - Ensino Médio



3º Ano

COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	CONTEÚDOS
<ul style="list-style-type: none"> Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas à Física em diferentes contextos relevantes para sua vida pessoal. Compreender o papel da Física e das tecnologias a ela associadas nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social contemporâneo. 	<ul style="list-style-type: none"> Interpretar e dimensionar circuitos elétricos domésticos ou em outros ambientes, considerando informações dadas sobre corrente, tensão, resistência e potência elétrica. Relacionar informações para compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum. Selecionar procedimentos, testes de controle ou outros parâmetros de qualidade de produtos, conforme determinados argumentos ou explicações, tendo em vista a defesa do consumidor. Identificar diferentes ondas e radiações, relacionando-as aos seus usos cotidianos, hospitalares ou industriais. Comparar diferentes instrumentos e processos tecnológicos para identificar e analisar seu impacto no trabalho e no consumo e sua relação com a qualidade de vida. Analisar propostas de intervenção nos ambientes, considerando as dinâmicas das populações, associando garantia de estabilidade dos ambientes e da qualidade de vida humana a medidas de conservação, recuperação e utilização auto-sustentável da biodiversidade. Analisar diversas possibilidades de geração e condução de energia elétrica para uso social, identificando e comparando as diferentes opções em termos de seus impactos ambiental, social e econômico. 	<ul style="list-style-type: none"> Modelo atômico atual. Radiação, suas interações e suas aplicações tecnológicas. Princípios fundamentais da eletrostática. Conceitos e aplicações de campo e potencial elétricos. Diferença de potencial e corrente elétrica. Elementos do circuito elétrico: resistor, gerador, receptor, condutor, elementos de controle e de segurança. Associação de resistores e geradores. Leis de Ohm. Potência elétrica. Circuitos elétricos simples. Introdução ao magnetismo: conceitos, ímãs naturais e artificiais e definição de campo magnético. Força de Lorentz. Lei de Ampere. Lei de Faraday e indução eletromagnética.

Fonte: <http://sedu.es.gov.br/curriculo-base-da-rede-estadual>.

3.3 Instrumentos

Foram utilizados como instrumentos de coleta de dados questões para resolução do Estudo de Caso, roteiros de experimentos confeccionados pelos alunos e análise de mapas conceituais. Os instrumentos anteriores estão correlacionados à discussão e análise da maquete de uma cidade, cujos diferentes setores da mesma funcionam baseados nos conceitos de magnetismo e de indução eletromagnética. O professor/pesquisador também se utilizou da observação como instrumento para a coleta de dados e estas estão baseadas na visão interacionista que considera o desenvolvimento do aluno fruto da interdependência e interação (VYGOTSKY, 1988, p. 107).

O Estudo de Caso (Figura 10), com a inserção de conceitos de magnetismo e indução eletromagnética, foi empregado tanto no início da aplicação da proposta, como forma de obtenção dos conhecimentos prévios dos alunos, quanto após a discussão dos conceitos científicos.

Figura 10: Estudo de Caso utilizado na intervenção

CHEGOU O VERÃO! E PROBLEMAS...

O CASO POSSUI UTILIDADE PEDAGÓGICA

O CASO É ATUAL

O CASO NARRA UMA HISTÓRIA

O CASO É RELEVANTE E PROVOCA INTERESSE PELA QUESTÃO

O CASO FORÇA UMA DECISÃO

O CASO PROVOCA UM CONFLITO

O CASO PROVOCA EMPATIA COM OS

Professora Lúcia é diretora da Escola Estadual Primo Bitti, em Aracruz ES, e no final do ano de 2017 começou a ter problemas com falta de energia na escola, o problema era recorrente e sempre acontecia por volta de três e meia da tarde, que nesta época do ano é sempre bem quente.

Após alguns dias, ligou para a concessionária de energia EDF Esceia para saber se havia algum problema e foi informada que estava tudo normal na rede de distribuição do seu bairro, e que precisava verificar as instalações internas da escola, porém tinha sido feita uma reforma no sistema elétrico, pois a escola recebeu aparelhos de ar condicionado para as salas de aula e deixou tudo conforme recomenda a norma.

Para comunicar o problema à comunidade escolar, a professora marcou uma reunião envolvendo os responsáveis pelos alunos, lideranças comunitárias e representantes da prefeitura, para comunicar que as quedas de energia podiam prejudicar o andamento das aulas, além de estragar equipamentos elétricos e estragar alimentos que precisam de refrigeração.

O senhor Jackson, pai de um dos alunos da turma e engenheiro eletricitista da fábrica de sorvetes "Casão", que fica ao lado da escola, recebeu o bilhete através do filho e se propôs a

— Boa tarde, professora Lúcia, me chame Jackson, meu filho estuda aqui e trabalha na fábrica de sorvetes ao lado, gostaria de entender um pouco melhor o problema com a energia.

— Boa tarde, Jackson, aconteceu que instalamos os aparelhos de ar condicionado nas salas de aula no recesso de julho, quando os alunos voltaram do recesso estava tudo funcionando bem, porém desde novembro as coisas mudaram, e temos várias quedas de energia, e às vezes precisamos suspender as aulas pois ficamos sem iluminação. O curioso é que quando temos um dia mais fresco isso não acontece.

— Entendi, professora! O problema então é intermitente e piora em dias mais quentes. Vou pesquisar o que pode estar acontecendo e lhe retorno.

— Exatamente, Jackson! Por favor faça isso, será de grande ajuda!

Questionário

1. Suponham que vocês sejam o senhor Jackson, o que considerariam como causa das quedas de energia na escola? Justifique.
2. Você considera alguma relação dos problemas de energia elétrica na escola com os estabelecimentos próximos?
3. No estabelecimento representado por seu grupo, quais seriam os equipamentos que mais consomem energia? Por quais motivos?
4. Quais medidas poderiam ser adotadas para diminuir o consumo de energia elétrica em seu estabelecimento?
5. Que providências podem ser tomadas para evitar as quedas de energia na escola?
6. Discuta acerca de alguns problemas que podem ocorrer em decorrência de quedas de energia na rede de energia elétrica.

Fonte: do autor.

Também foi solicitado aos alunos a confecção de mapas conceituais, com o objetivo de verificar inicialmente as conexões feitas entre os conceitos já conhecidos e, também, posteriormente à discussão dos conceitos para verificar se ocorreu aprendizagem significativa.

Divididos em grupos, os alunos devem desenvolver um roteiro dos experimentos confeccionados com os materiais do kit experimental sugerido, com a finalidade de apresentar à turma. Ao fim de cada apresentação abre-se um espaço de discussão sobre o tema abordado e esclarecimento de dúvidas diretamente entre os alunos que apresentam o tema e os alunos expectadores, com a mediação do professor. Desta forma, valoriza-se a participação do aluno e o traz para o protagonismo de sua aprendizagem.

Em algumas das etapas de investigação, o professor pesquisador deve participar ativamente como, por exemplo, sendo um “morador da cidade” (maquete) e também personagem do Estudo de Caso, ou seja, um observador participante. Segundo Rodriguez, et al., (1999) este é um método interativo que requer a participação do pesquisador nos acontecimentos e etapas do processo que se deseja observar.

O registro da aplicação das etapas foi feito através de gravações e fotografias com o intuito de analisar com cuidado as importantes contribuições fornecidas pelos alunos durante o processo.

3.4 A proposta didática

A proposta está dividida em dezoito aulas de cinquenta e cinco minutos cada, em nove etapas, contando com aulas expositivas, resolução do Estudo de Caso, aulas experimentais, debates e questionários.

Toda proposta didática fará parte de um Produto Educacional, a ser disponibilizado para os professores de ensino médio, cuja descrição prévia será melhor discriminada no próximo capítulo.

3.5 Análise dos dados

A análise dos dados coletados antes, durante e depois da aplicação do material, foi feita com a base na teoria de aprendizagem de Vygotsky, considerando a contribuição da intervenção didática para a assimilação e apropriação dos conceitos propostos, pelos estudantes. Foi executada de forma qualitativa e continuada, considerando a evolução em relação ao tema na resolução do Estudo de Caso, mapa conceitual, realização dos experimentos e das observações feitas nos debates.

4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO

4.1 Considerações sobre o produto

O produto elaborado trata-se de um material que descreve passo a passo uma intervenção didática cujo objetivo é relacionar os conceitos de magnetismo e indução eletromagnética em nível médio com suas aplicações em equipamentos eletro/eletrônicos do cotidiano.

Essa relação deve ser estabelecida com o fornecimento de conceitos base, para resolução de um Estudo de Caso cuja problemática ocorre em uma cidade, representada na forma de maquete, em que professor/pesquisador representa um engenheiro eletricista, inserido no Caso. Além disso, será sugerida a confecção de relatórios de experimentos de baixo custo referentes aos fenômenos físicos estudados. Estes também serão úteis para explicar o funcionamento (a partir de conceitos de eletromagnetismo) de equipamentos elétrico/eletrônicos envolvidos nos estabelecimentos representados na maquete e, portanto, auxiliarão na resolução do Caso.

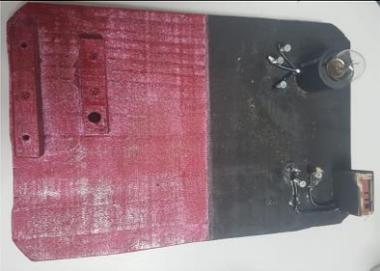
A resolução de Estudo de Caso, do tipo sócio científico, tem por finalidade aguçar no aluno senso de investigação, buscando testar e comprovar a teoria, dentro da realidade social (JABBOUR; FREITAS, 2011, p. 9-10), além de encorajar a participação ativa do estudante na aprendizagem (SÁ *et al.* 2007). O Estudo de Caso, do tipo sócio científico, deve ser aplicado abordando questões controversas que estimulem a tomada de decisão, a cidadania, a aprendizagem dos conteúdos científicos e a compreensão da natureza da ciência (SÁ; KASSEBOEHMER; QUEIROZ, 2013, p.522).

De acordo com Moreira (1997), mapas conceituais mais específicos podem auxiliar na seleção de materiais instrucionais, o que torna a utilização da ferramenta bastante útil como meio de análise das etapas da aplicação da pesquisa. Diante disso, também será proposto a confecção de um mapa conceitual, com o objetivo de acompanhar de forma mais detalhada, o processo de aprendizagem do tema.

4.2 O kit experimental

Para praticar a parte experimental deste produto didático, foi elaborado um *kit* com materiais de fácil acesso, baixo custo que em alguns casos, podem ser obtidos por meio de doação. O Quadro 1 trata de uma lista de materiais sugeridos, podendo ser substituídos por similares com a obtenção de resultados semelhantes.

Quadro 1: Componentes do *kit* experimental.

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR	FORMA DE AQUISIÇÃO	FOTO
Item 1	Barra de aço quadrada com 25mm de lado e 250mm de comprimento.	R\$ 15,00	Loja de ferragens	
Item 2	Base de madeira pintada, com 6 parafusos e suporte para lâmpada 12V, interruptor e núcleo "U"	R\$ 6,00	Loja de materiais de construção	
Item 3	Parte interna de bomba d'água de máquina de lavar roupas	R\$ 22,00 ou doação	Oficina de eletrodomésticos	
Item 4	Parte interna de um motor de rotação do prato de um forno de micro-ondas	R\$6,00 ou doação	Oficina de eletrodomésticos	
Item 5	Multímetro digital	R\$ 34,00	Lojas de eletrônica	

Item 6	Tubo quadrado de alumínio com uma das paredes cortadas 31x30mm	Doação	Vidraçaria	
Item 7	Tubo quadrado de alumínio 31x30mm	Doação	Vidraçaria	
Item 8	Porca borboleta. Medida 3/8"UNC - 2 peças	R\$0,40	Loja de ferragens	
Item 9	Cabo flexível de cobre com área 1,5mm ² x 250mm de comprimento com 2 garras "jacaré" nas pontas. 3 peças.	R\$ 6,00	Loja de materiais para construção	
Item 10	Plugue eletrodomésticos com garra jacaré.	R\$ 5,00 ou doação	Loja de materiais para construção ou oficina de eletrodomésticos.	

Item 11	Indutor com 600 espiras. Produzido em tubo de PVC 32mm, papelão e fio AWG 19.	R\$22,00	Lojas de material elétrico	 A photograph of a hand-wound inductor. It consists of a central PVC tube with a cardboard sleeve around it. The tube is wound with approximately 600 turns of thin copper wire. The assembly is mounted on a circular wooden base. Two wires extend from the bottom of the coil.
Item 12	Indutor com 300 + 300 espiras. Produzido em tubo de PVC 32mm, papelão e fio AWG 19	R\$22,00	Lojas de material elétrico	 A photograph of a hand-wound inductor, similar to Item 11 but with two distinct sections of wire on the PVC tube, representing 300 turns each. It is mounted on a wooden base with two output wires.
Item 13	Lâmpada automotiva 12 V	R\$ 3,00	Lojas de autopeça	 A photograph of a standard automotive light bulb with a glass envelope and a metal base.
Item 14	Feixe de varetas de aço com 200mm de comprimento e 25mm de diâmetro total	R\$ 5,00 ou doação (reciclados)	Lojas de ferragens	 A photograph of a bundle of steel rods, wrapped in a white protective material, with a wooden handle at one end.
Item 15	Núcleo de ferro "U"	R\$ 35,00	Serralheria	 A photograph of a dark, U-shaped iron core, likely made of cast iron, with two threaded holes on the vertical legs.
Item 16	Chave "micro switch" contatos normalmente abertos, 10A x 250V	R\$ 4,00 ou retirada de sucatas	Lojas de material elétrico ou oficinas de eletrodomésticos	 A photograph of a small black micro switch with a red push-button and two electrical terminals on top.

Item 17	Led 10mm	R\$ 2,00 ou retirado de sucatas	Lojas e oficinas de eletrônica	
Item 18	Óleo de cozinha	R\$ 2,50 500 ml	Supermercado	
Item 19	Limalha de ferro	Doação	Pó de varrição de serralheria	
Item 20	Garrafa PET transparente de refrigerante ou água com gás, com no máximo 600 ml de capacidade.	Reciclado	Bares ou lanchonetes	
Item 21	Ímãs diversos	Reciclado	Doação em oficinas eletrônicas	

Item 22	Mini bússola	R\$3,90	Papeleria	
---------	--------------	---------	-----------	---

Fonte: do Autor.

4.2.1 Obtenção dos itens do kit

Alguns itens citados na Tabela 1 não estão disponíveis no mercado da forma com que estão apresentados nas fotos. Neste tópico será explicado o processo necessário para obter cada item nesta situação.

- Item 1: Barra de aço quadrada. Desenho esquemático disponível no Apêndice II.
- Item 2: Base de madeira. Tábua de madeira medindo 30x20x3 (cm). Fixar os fios aos polos da lâmpada (item 13) e aparafusá-los a madeira conforme Figura 11. Fazer o mesmo com a chave (item 16). Finalmente, colar a lâmpada e a chave à base.

Figura 11: Fixação sugerida para a lâmpada.



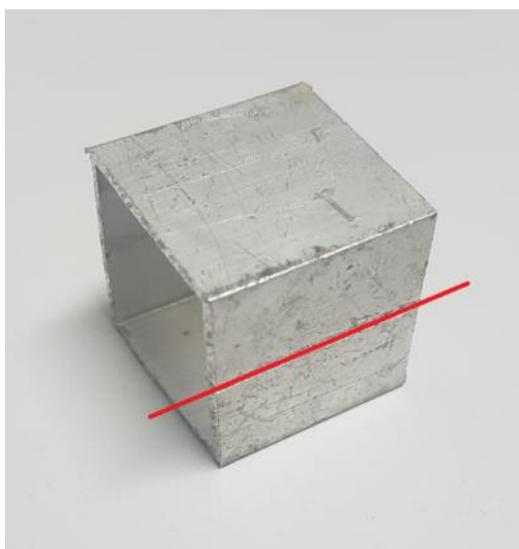
Fonte: do autor.

- Item 3: A parte interna de uma bomba d'água foi obtida em uma oficina de máquinas de lavar roupas. Na ocasião, foi solicitado uma bomba que ainda gire

porém, podendo estar com a carcaça avariada. Foram obtidas algumas unidades através de doação.

- **Item 4:** Parte interna do motor que faz girar o prato do forno de micro-ondas, aproveitando apenas carcaça com bobina e rotor. Conforme item 3, por se tratar de parte de um componente potencialmente avariado, esta é obtida facilmente através de doação em oficinas do ramo.
- **Item 5:** Multímetro digital. O modelo mais simples já atende o propósito dos experimentos. Em caso de indisponibilidade desse equipamento, o experimento não terá a informação quantitativa dos fenômenos. Por outro lado, os LEDs e lâmpadas (inclusos no kit) trazem dados qualitativos e suficientes para análise.
- **Itens 6 e 7:** Tubo quadrado de alumínio. Este pode ser obtido através de doação em vidraçarias ou por um preço irrisório, por estar geralmente entre as sobras. Este material é empregado pelo fato do alumínio ter propriedades paramagnéticas. Os dois tubos serão bobinas de apenas uma espira, sendo um deles uma espira interrompida, para isso é necessário fazer um corte em uma das paredes do tubo conforme Figura 12, este corte pode ser feito no estabelecimento que forneceu o tubo, ou com uma serra para metais. As medidas do tubo são sugeridas e podem ser maiores, e o formato quadrado pode ser substituído por outro, redondo, com mais de 36 milímetros de diâmetro interno..

Figura 12: Esquema de corte do item 6 do kit experimental.

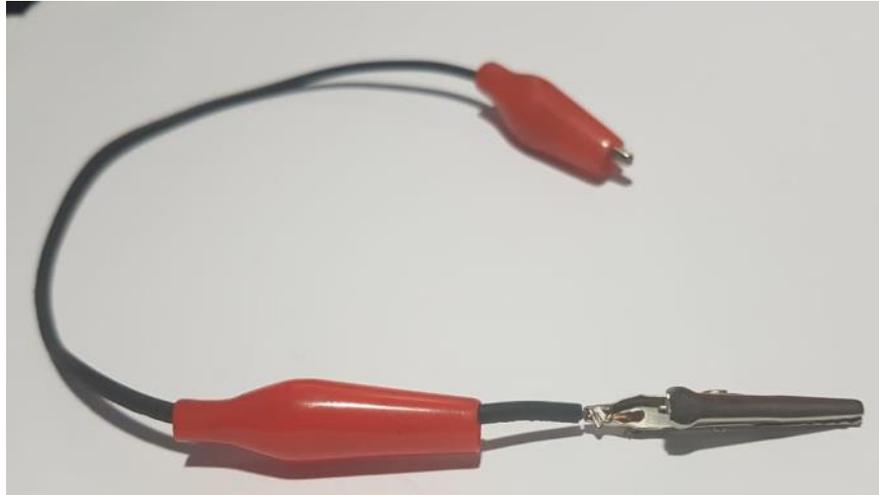


Fonte: do autor.

- **Itens 9 e 10:** Cabo de cobre flexível com garras do tipo “jacaré”. Para confeccionar este item se deve decapar 15 milímetros de cada ponta do cabo,

passar o cabo dentro da proteção da garra “jacaré” e prender o cabo na garra dobrando as travas da garra sobre ele, conforme Figura 13.

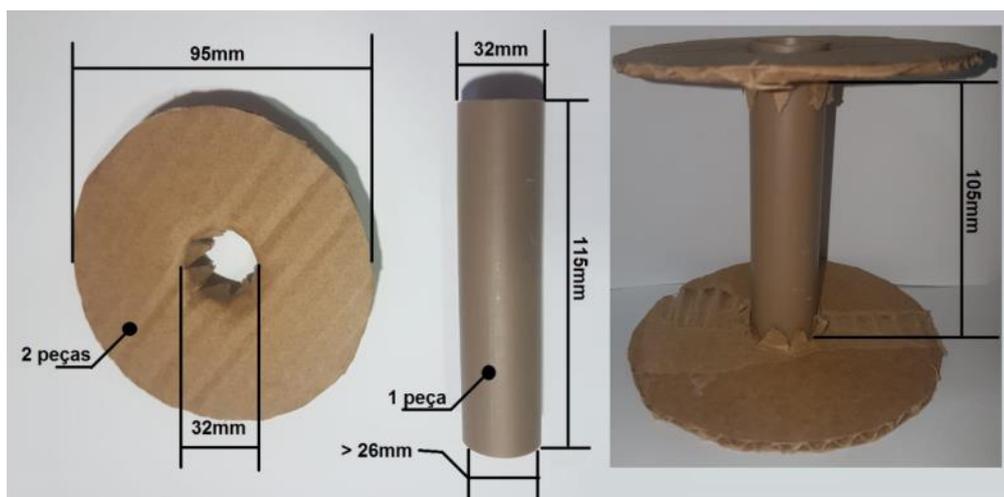
Figura 13: Detalhe da confecção dos itens 9 e 10.



Fonte: do autor.

- Itens 11 e 12: Bobina indutora. Para confeccionar o carretel em tubo de PVC e papelão das bobinas, basta seguir as orientações da Figura 14. Na primeira bobina (item 11) são 600 voltas de fio de cobre esmaltado AWG 19, e na segunda bobina (item 12) dois enrolamentos de 300 voltas cada e unidos entre eles por uma ponta de cada. Todas as pontas devem ser lixadas para retirada do verniz protetor e possibilitar o contato elétrico com as garras jacaré.

Figura 14: Detalhes da construção do carretel usado nos dos itens 12 e 13.



Fonte: do autor.

- Item 14: Feixe de varetas. Consiste em 75 varetas redondas de aço com comprimento de 200 milímetros e 3 milímetros de diâmetro, cada. O ponto mais importante deste item é montar as varetas dentro do tubo de PVC usado no item

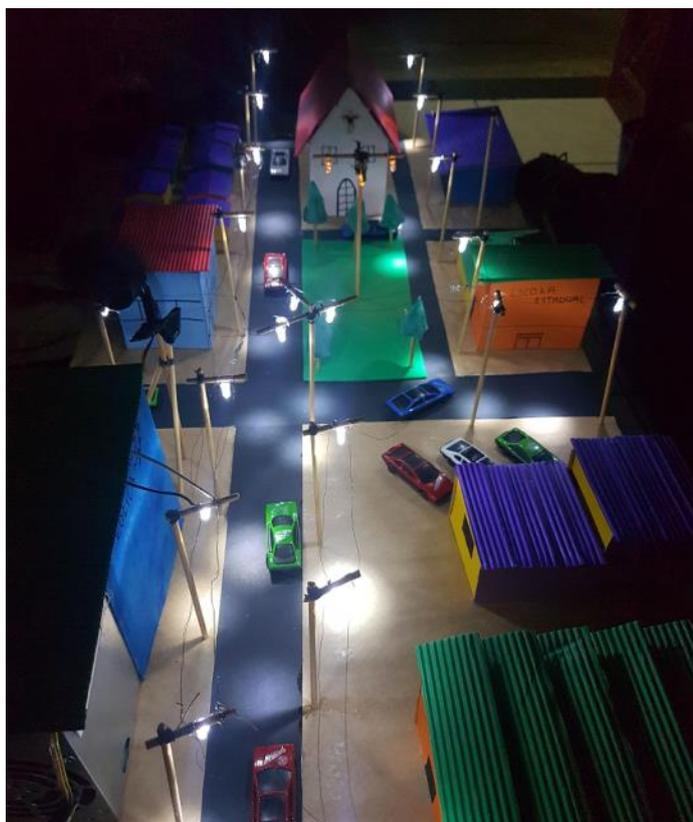
11, buscando deixar o feixe de varetas com o formato cilíndrico do interior do tubo. Caso o diâmetro de vareta utilizado seja diferente do sugerido, o número total de varetas usadas mudará. Porém deve-se deixar uma pequena folga para o feixe entrar e sair livremente do tubo. Ao final da montagem é importante travar as varetas com fita adesiva.

- Item 15: Núcleo de ferro “U”. O desenho esquemático deste item se encontra disponível no Apêndice II.

4.3 Maquete

A narrativa do Estudo de Caso se passa na cidade da escola de aplicação do produto, porém, com o objetivo de aumentar a interação dos estudantes com a situação proposta, foi desenvolvida uma maquete (Figura 15) com alguns estabelecimentos importantes para a exemplificação do conteúdo de Física abordado. Além disso, a maquete simula o problema de queda de energia abordado no estudo de caso.

Figura 15: Maquete confeccionada para representar a cidade do Estudo de Caso.



Fonte: do autor.

Alguns dos estabelecimentos representados na maquete estão relacionados a experimentos, dentro do produto, em que os fenômenos físicos demonstrados são alusivos ao

funcionamento de algum equipamento característico. A lista abaixo elenca os conceitos físicos e seus experimentos, com os estabelecimentos e seus respectivos equipamentos de referência:

- Eletroímã, aplicado na Indústria Metalúrgica, em guindastes, para realizar içamento de cargas ferromagnéticas. Tem o objetivo de mostrar a aplicação do campo magnético induzido por corrente.
- Motor elétrico, aplicado na maquete, no shopping, fabrica de sorvetes e escola, para fins de climatização e refrigeração. Tem o objetivo de mostrar a aplicação da força magnética.
- Gerador elétrico, empregado na usina de energia eólica, mostra a aplicação do campo magnético variável gerando corrente elétrica induzida.
- Anel Saltante, aplicado no estabelecimento igreja, tem como finalidade mostrar a atuação da Lei de Lenz. Este experimento tem funcionamento similar ao dos alto falantes de um sistema de som⁴.
- Transformador, é utilizado na subestação de energia elétrica com o intuito de modular a tensão e a corrente, recebidas da usina de geração, de forma que possa ser utilizada pelos diversos estabelecimentos da cidade.
- Forno de indução, aplicado nos fornos da padaria e exemplifica como as correntes de Foucault podem ser usadas para o aquecimento.

Além dos estabelecimentos listados acima, a maquete também conta com um condomínio residencial e praça pública, que entrarão na discussão do Estudo de Caso no momento de fazer proposições de como resolver o problema de falta de energia elétrica na cidade.

4.4 Roteiro do produto

Esse produto educacional foi planejado para ser utilizado no Ensino Médio, na rede estadual de ensino do Espírito Santo cujo Currículo é organizado em três trimestres, totalizando duzentos dias letivos, com duas aulas semanais de física de 55 minutos cada, chamadas por 2 horas/aula.

O produto deve ser apresentado em dezoito aulas organizadas em momentos baseados nos conteúdos exigidos no terceiro trimestre da terceira série do Ensino Médio.

⁴ O Alto falante possui uma membrana presa a uma bobina móvel, que ao ser percorrida por corrente alternada produz campo magnético variável, atraindo ou repelindo a bobina em direção a um ímã fixo. Este movimento deforma a membrana, que por sua vez desloca o ar produzindo ondas sonoras.

De acordo com o currículo do Espírito Santo (Figura 16), espera-se que o estudante tenha capacidade de compreender propriedades dos ímãs e sua aplicação na orientação, além de reconhecer a lei de indução eletromagnética nos motores elétricos e nos processos de produção de energia elétrica.

Figura 16: Currículo do terceiro trimestre do estado do Espírito Santo



GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
SUBSECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA E PROFISSIONAL

3º TRIMESTRE		
CONHECIMENTOS	EXPECTATIVAS DE APRENDIZAGEM (OPERAÇÕES COGNITIVAS ESPERADAS PARA O DESENVOLVIMENTO)	SUGESTÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS
<ul style="list-style-type: none"> • Magnetismo <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fontes do campo magnético; ▪ Força magnética sobre cargas elétricas em movimento; ▪ Movimento de uma carga pontual em um campo magnético uniforme; ▪ Força magnética sobre fios percorridos por corrente elétrica; ▪ Definição do ampère; ▪ Indução Eletromagnética; ▪ Fluxo magnético; ▪ Força eletromotriz induzida; ▪ Corrente induzida; ▪ Lei de Faraday; ▪ Lei de Lenz; ▪ Transformadores e motores elétricos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compreender as propriedades dos ímãs e o funcionamento das agulhas magnéticas nas proximidades da Terra; • Reconhecer a Lei de Indução Eletromagnética no funcionamento de motores e geradores; • Identificar processos de produção de energia elétrica; • Descrever qualitativamente os campos magnéticos produzidos por ímãs, por cargas em movimento, e o campo magnético terrestre; • Descrever quantitativamente o campo magnético produzido por condutores retilíneos e circulares percorridos por correntes elétricas contínuas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Simulação “Ímãs e Eletroímãs”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets; • Simulação “Lei de Faraday”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law; • Simulação “Gerador”, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator;

Fonte: <https://sedu.es.gov.br/ensino-medio>.

Uma proposta para o cronograma dos conteúdos abordados e momentos vivenciados (ao longo de um bimestre) em cada aula são apresentados, de forma resumida, no Quadro 2.

Quadro 2: Cronograma de conteúdos e momentos.

AULA	CONTEÚDOS	MOMENTOS	AULAS
Aula 1	Introdução ao conteúdo:	Apresentar a proposta do curso e a organização das primeiras atividades. (20 min)	2
		Divisão dos alunos em grupos e explicação do tema de cada grupo. (20 min)	
		Aplicação do questionário de coleta de concepções prévias. (30 min)	
	Apresentação da maquete:	Descrição da maquete, apresentação de cada estabelecimento e abertura para perguntas (40 min)	
Aula 2	Aplicação do Estudo de Caso	Leitura do Estudo de Caso “Chegou o verão, e problemas...”. (15 min)	2

		Organização da turma nos grupos selecionados e feita explicação da proposta para cada grupo em específico. (25 min)	
		Demonstração da situação exposta no Estudo de Caso na maquete. (15 min)	
		Resolução do Estudo de Caso pelos alunos, e entrega ao professor. (30 min)	
		Discussão sobre o tema do Estudo de Caso. (25 min)	
Aula 3	Abordagem histórica do magnetismo	Leitura e discussão em grupo do texto “O fenômeno magnético”. (25 min)	2
		Leitura e discussão em grupo do texto “O experimento de Oersted”. (35 min)	
		Apresentação dos conceitos de magnetismo, campos magnéticos gerados por distribuições de corrente e modelo físico. (50 min)	
Aula 4	Representação das linhas de campo	Representação das linhas de campo de diversos ímãs desconhecidos (40 min)	2
		Apresentação do trabalho do grupo da indústria metalúrgica. (20 min)	
		Experimento eletroímã (20 min)	
		Discussão com a turma sobre o experimento (20 min)	
Aula 5	Força magnética	Apresentação dos conceitos de força magnética em cargas em movimento e fios de corrente elétrica. (50 min)	2
		Experimento do motor elétrico. (15 min)	
		Apresentação do grupo do shopping. (20 min)	
		Discussão sobre as aplicações do motor elétrico no cotidiano e medidas para diminuir o consumo de energia elétrica. (25 min)	
Aula 6	Exercícios formais	Aplicação de lista de exercícios, com resolução supervisionada pelo professor, sobre os conteúdos: campo magnético gerado por distribuição de correntes, e de ímãs naturais, além da força magnética sobre cargas e fio de corrente imersos em um campo magnético externo. (110 min)	2
Aula 7	Indução Eletromagnética	Aula expositiva sobre os conceitos de indução eletromagnética (Lei de Faraday – Lenz) e corrente alternada. (50 min)	2
		Apresentação do grupo responsável pela usina de geração de energia elétrica (20 min)	

		Experimento do Alternador (20 min)	
		Discussão sobre as aplicações de corrente alternada no cotidiano e onde ela não é aplicada. (20 min)	
Aula 8	Indução Eletromagnética	Retomada do conteúdo da aula anterior (10 min)	2
		Apresentação do grupo responsável pela igreja (20 min)	
		Experimento do anel saltante (10 min)	
		Apresentação do grupo responsável pela subestação (20 min)	
		Experimento do transformador (10 min)	
		Apresentação do grupo responsável pela padaria (20 min)	
		Experimento do forno Indutivo (10 min)	
		Discussão sobre as aplicações da Lei de Faraday – Lenz no cotidiano (10 min)	
Aula 9	Retomada do Estudo de Caso	Retomada e resolução final do Estudo de caso. (40 min)	2
		Confecção e explicação de mapa conceitual pelos grupos (50 min)	
		Resolução de questionário acerca da metodologia de ensino. (20 min)	

Segue abaixo uma breve discussão sobre as etapas a serem seguidas.

1º etapa investigativa: Coleta de conhecimentos prévios – Questionário inicial. (1h/aula)

Nesta etapa foi feita a coleta das concepções prévias dos alunos através de um questionário (Figura 17) à cerca do magnetismo, funcionamento do sistema de geração e transporte de energia elétrica e de equipamentos elétricos das casas e estabelecimentos comerciais da região.

Figura 17: Questionário de coleta de concepções prévias aplicado.

Questionário de coleta de concepções prévias

Tema: magnetismo e indução eletromagnética.

Nome: _____

Professor: _____ Data: _____ Turma: _____ Turno: _____

Este questionário deve ser preenchido com base em seus conhecimentos e opiniões em cada questão. Não é permitido consulta de material de qualquer natureza. A avaliação será feita de acordo com o detalhamento de cada resposta, e não levará em consideração a mesma estar certa ou errada.

- O que você entende sobre um ímã? Qual motivo de ele atrair alguns materiais e outros não?
- Além de atrair objetos, explique com suas palavras outras aplicações de um ímã no cotidiano.
- O que entende por campo magnético? Represente as linhas de campo magnético nas figuras abaixo:



a)



b)



c)



d)
- Em sua opinião, qual motivo de em situações normais uma bússola apontar sempre na mesma direção?
- Motores elétricos estão portada a parte, desde um ventilador que usamos nos dias mais quentes, até o celular que vibra ao receber uma ligação. Explique com suas palavras o que ocorre em um motor elétrico que, na passagem de corrente elétrica gira seu eixo?
- Quais são as principais fontes de geração de energia elétrica no nosso país?
- A nossa cidade possui subestações de energia elétrica? E transformadores? Qual função de cada um deles?
- Faça um pequeno texto de 6 a 10 linhas sobre como a energia elétrica que utilizamos no cotidiano, é produzida e transportada até nossas tomadas.

Fonte: do autor

Ao final foi feita uma breve apresentação da maquete da cidade na qual se desenvolverá a história relacionada ao Estudo de Caso, discutido na próxima etapa.

Nesse momento também serão divididos os seis grupos, por meio de sorteio, os quais serão os mesmos durante toda a aplicação da intervenção didática.

2º etapa investigativa: Coleta de conhecimentos prévios e problematização - Estudo de Caso. (2h/aula)

Leitura do Estudo de Caso “*Chegou o verão! Quantos problemas...*” (Apêndice D), que se passa na cidade representada pela maquete, na qual tanto o professor/pesquisador como os alunos são moradores.

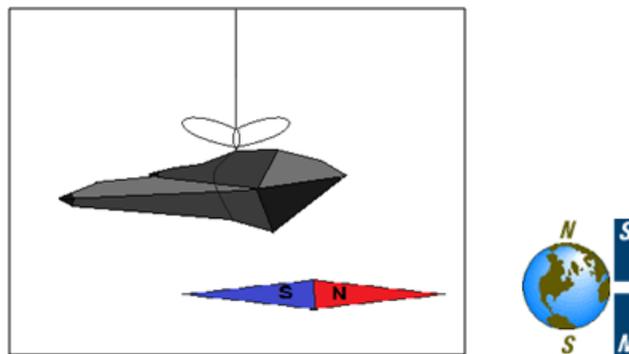
Após a leitura do Caso, os alunos dispostos em seus grupos discutirão as respostas das questões levantadas no final do texto. O objetivo desta etapa é instigar a curiosidade dos alunos, além de verificar o conhecimento sobre indução eletromagnética e suas aplicações no sistema de geração e distribuição de energia e equipamentos elétricos. O professor recolherá as respostas prévias dos alunos ao final da aula.

3º etapa investigativa: Abordagem histórica do magnetismo. (2h/aula)

Nesta etapa serão tratados por meio de discussão de texto de fornecidos pelo professor dois aspectos históricos sobre o magnetismo: a descoberta da magnetita (ímã natural) e o experimento de Oersted, em que foi possível verificar que distribuições de corrente também geram campos magnéticos. As Figuras 18 e 19 exemplificam o recurso utilizado para discussão em sala de aula.

Figura 18: Texto auxiliar fornecido aos alunos sobre magnetita e seus usos na orientação.

O fenômeno magnético



O primeiro relato que se tem do magnetismo tem origem da Grécia Antiga, na região chamada à época de Magnésia. Algumas pedras em específico atraíam pedaços de ferro, e por estas pedras serem encontradas com facilidade na região, ficaram conhecidas como magnetita. Estas pedras são constituídas do óxido de ferro Fe_3O_4 , e atualmente são o exemplo mais conhecido de ímã natural.

No século XI, na China, já se utilizava este mineral como forma de orientação, por sua capacidade de apontar sempre em mesma direção, quando suspensa por fio flexível, ou na superfície de algum líquido. Também na China, ficou conhecido o mito da “Colher que aponta para o sul”, em referência a uma colher feita de magnetita.

Foram os gregos que procuraram explicar o fenômeno do magnetismo pela primeira vez. Descobriram que uma pedra chamada magnetita atraía espontaneamente o ferro. Da mesma forma, verificaram que um pedaço de magnetita, suspenso livremente no ar, virava sempre na mesma direção.

Tales de Mileto, matemático e filósofo que viveu no século VI a.C., afirmava que a substância tinha “alma” e podia atrair pedaços de matéria inanimada, “aspirando-os”. As substâncias tinham vontades e desejos como se fossem seres vivos.

Mas, ao que tudo indica, os chineses também já conheciam e utilizavam o magnetismo há tempos, inclusive na navegação. Nos primeiros séculos da Era Cristã, adivinhos chineses utilizavam “a colher que aponta para o sul”. Era uma colher construída de magnetita.

Esse fenômeno da colher acontecia devido a Terra ser um enorme ímã. Como todo ímã, tem dois polos magnéticos: o Norte e o Sul. Esses polos ficam próximos aos polos geográficos: o Polo Magnético Sul fica próximo ao Polo Geográfico Norte, e o Polo Magnético Norte fica próximo ao Polo Geográfico Sul. Desta forma a extremidade da colher magnética que apontava sempre para o polo geográfico sul, era o polo magnético sul.

A ação entre os polos é de atração quando eles têm nomes diferentes (negativo atrai positivo e vice-versa). Por isso, o local para onde é atraído o norte da bússola deve ser, magneticamente, o Polo Sul. Assim, o norte geográfico do nosso planeta corresponde ao sul magnético do grande ímã Terra e vice-versa.

Figura 19: Texto auxiliar fornecido aos alunos sobre o experimento de Oersted.

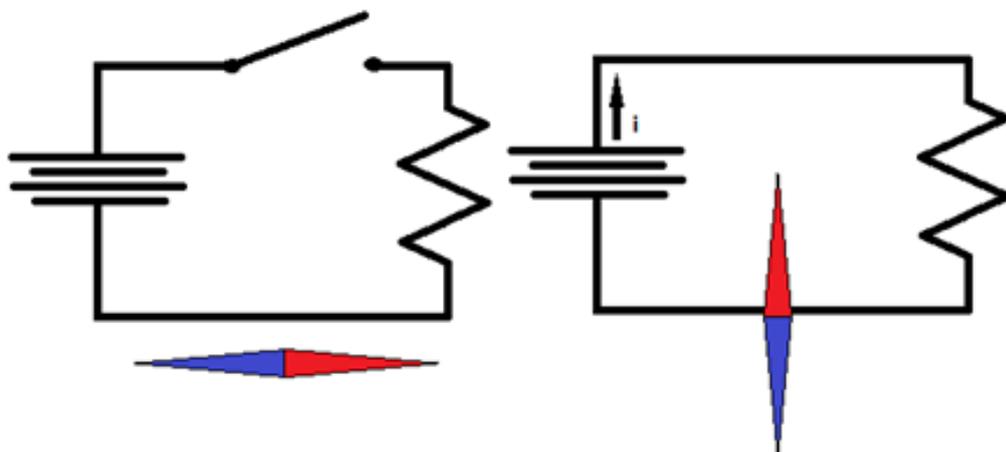
O EXPERIMENTO DE OERSTED



Em 1819 o físico dinamarquês Hans Christian Oersted trabalhando com circuitos elétricos, percebeu que a passagem de corrente elétrica por um condutor causava deflexão no a agulha de uma bússola posicionada próxima. O deslocamento da agulha de uma bússola, normalmente acontece de acordo com o campo magnético da terra, e o movimento ocorrido nesta situação só podia ser creditado ao aparecimento de um novo campo magnético.

O movimento da agulha da bússola seguia sempre um padrão, independente da posição inicial da agulha antes da passagem de corrente elétrica, quando o circuito era fechado e energizado a agulha ficava ortogonal ao fio. Além disso, caso o sentido da corrente fosse invertido, a agulha se mantinha ortogonal, porém com os polos a 180 graus da posição com a corrente no sentido original.

A figura abaixo mostra como se pode realizar a experiência de Oersted: um condutor retilíneo horizontal é colocado paralelamente a uma agulha imantada. Esse condutor é ligado em série com os seguintes elementos: uma fonte (pilhas ou bateria), que fornece corrente; um reostato, que controla a intensidade da corrente; e um interruptor, para abrir e fechar o circuito. Inicialmente, o interruptor mantém o circuito aberto, e a agulha se mantém paralela ao condutor. Quando se fecha o circuito através do interruptor, passa corrente, produz-se o campo magnético, e a agulha é desviada.



Também será dada uma atividade de catalogação de ímãs desconhecidos (Figura 20), para fins de compreensão da polaridade dos ímãs, atração e repulsão.

Figura 20: Atividade de catalogação dos ímãs.



A capacidade dos ímãs atrair materiais ferrosos é conhecida há muito tempo pela humanidade, porém sabemos que posteriormente agulhas magnéticas foram empregadas para orientação em viagens e caravanas, devido ao fato de o polo sul de um ímã apontar aproximadamente para o polo sul geográfico da Terra.

Atividade

Agora vamos definir os polos sul e norte de vários tipos de ímãs de materiais e formatos diferentes. Com as informações acima, um integrante de cada grupo irá até a mesa do professor levando um ímã de qualquer formato e ao aproximar da bússola na mesa do professor, conseguirá definir um dos polos do ímã em questão. Em seguida levar este ímã para o grupo para catalogar os polos dos outros ímãs.

1. Ao aproximar o ímã da bússola, qual parte da agulha se direcionou para o ímã?
2. Em sua opinião qual o motivo desse movimento?
3. Qual polo do ímã foi encontrado?
4. Represente em desenho 4 tipos de ímãs com suas polaridades checadas durante a tarefa.

a)

b)

c)

d)

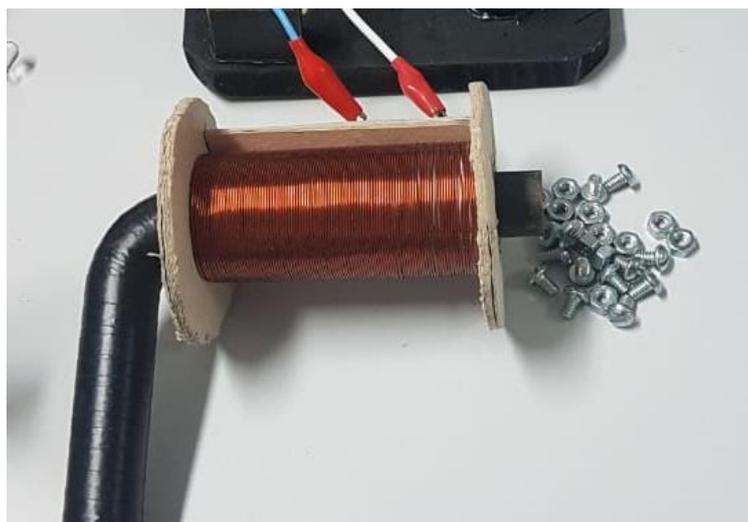
4º etapa investigativa: Representação de linhas de campo magnético(2h/aula)

Os alunos divididos em seus respectivos grupos confeccionarão as representações do que acreditam ser responsáveis pelo poder de atração dos ímãs linhas de campo magnético de um ímã com os modelos de ímãs disponíveis de forma livre. Posteriormente farão a mesma representação com o auxílio da “garrafa magnética” (Apêndice III), e por fim com a bússola.

No segundo momento da aula o grupo responsável pela indústria metalúrgica, apresentará sua pesquisa sobre o funcionamento do estabelecimento e o eletroímã de elevação de cargas (Apêndice IV). Este experimento (Figura 21) deverá ser montado pelo grupo do tema, auxiliado pelo professor e explicado à turma, ao final da apresentação do grupo. Ao término da experimentação será aberto um espaço para discussão do estabelecimento e também do experimento. O grupo responsável pela apresentação deve entregar um relatório sobre as apreensões feitas durante o experimento.

A realização deste experimento tem o objetivo de relacionar o conteúdo teórico apresentado em sala de aula, com a aplicabilidade prática do fenômeno físico, desta forma pretende-se consolidar este conteúdo mais introdutório e simples, que servirá de base de referência para a construção dos próximos aprendizados.

Figura 21: Eletroímã.



Fonte: do autor.

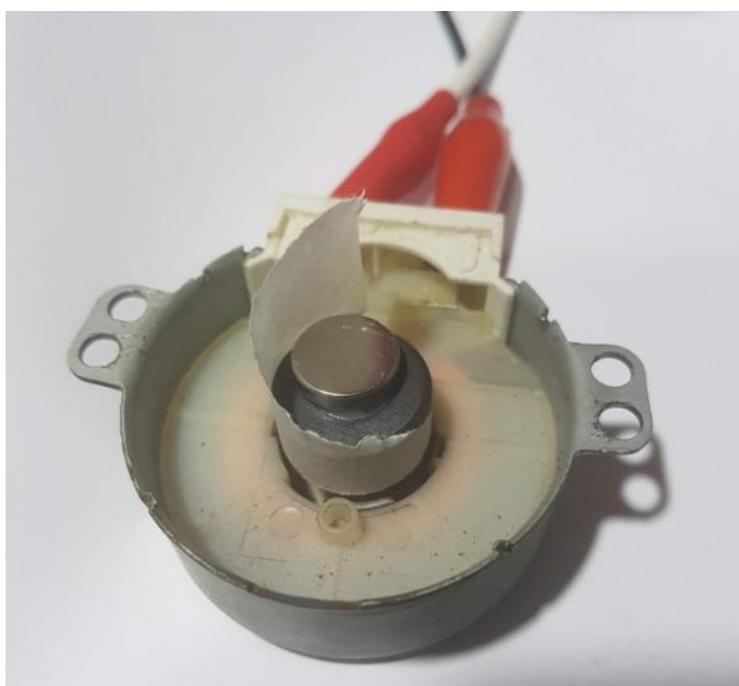
Nesta etapa destaca-se a interação entre os alunos na utilização de materiais de baixo custo, simples e comuns no cotidiano da comunidade escolar. Esta interação, prevista por Vygotsky, enfatiza a contextualização do conteúdo com a realidade social

e cultural do aluno, bem como, favorece a criação dos signos e instrumentos, possíveis facilitadores da aprendizagem.

5º etapa investigativa: Aula expositiva dialogada e discussão de experimentos – força magnética. (2h/aula)

Inicialmente haverá uma discussão qualitativa, com o aporte de experimento sobre motor elétrico, no qual será enfatizado o conceito de força magnética sobre cargas em movimento e também sobre fios de corrente em um campo magnético.

Figura 22: Experimento motor elétrico.



Fonte: do autor.

Durante a apresentação do experimento (Apêndice V) (Figura 22) o professor questionará os alunos sobre a aplicação desse conhecimento (motor elétrico) no contexto do estabelecimento representado por cada grupo. Planeja-se a gravação das respostas dos alunos.

Com isso, será possível demonstrar o princípio de funcionamento de um motor elétrico. Com esses conceitos, também será possível explicar como se dá o funcionamento de alguns setores da cidade representada na maquete. O grupo responsável pelo shopping apresentará a pesquisa sobre a climatização do espaço, e quais medidas podem ser adotadas para redução de consumo de energia elétrica.

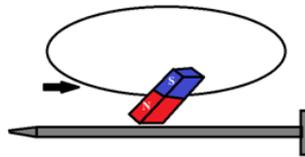
6º etapa investigativa: Aprofundamento dos conceitos físicos – revisão e exercícios formais (2h/aula)

Nesta etapa serão revisados os conceitos já estudados com uma breve aula expositiva e aplicada uma lista de exercícios formais propostos (Figura 23), referentes ao estudo do campo magnético gerado por distribuição de correntes, e de ímãs naturais, além da força magnética sobre cargas e fio de corrente imersos em um campo magnético externo, para resolução e entrega.

Figura 23: Lista de exercícios aplicada.

Lista de Exercícios

1. Em prego de aço João passa um ímã várias vezes no mesmo sentido como mostra a figura abaixo:



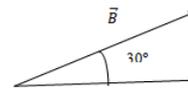
Após algum tempo repetindo esta operação, João notou que o prego passou a atrair outros pregos.

- Como João pode verificar a polaridade da ponta e da cabeça do prego?
 - João encostou a ponta do prego inicialmente imantado no meio do corpo de outro prego idêntico e conseguiu levá-lo. Quando encostou a ponta do prego não imantado no meio do corpo do prego imantado, não percebeu nenhuma atração. Qual motivo disso acontecer?
 - Represente as linhas de campo magnético no prego após ser imantado.
2. Colocando o prego imantado sobre uma rolha em um copo de água, ele sempre acaba por apontar para sempre para mesma direção:
- Para onde aponta a ponta do prego?
 - O polo geográfico da Terra coincide com o polo magnético para onde o prego aponta?
 - O polo sul da terra se como qual polo magnético?
3. Um fio retilíneo longo é percorrido por uma corrente elétrica com intensidade de 4A. Determine o vetor do campo magnético em um ponto P, situado a 5,0cm do fio, considerando que o meio é vácuo.
4. Em torno de um cilindro de 1,0cm de comprimento foi enrolado uniformemente um fio, com revestimento isolante por 2000 voltas completas no entomo, neste fio percorreu uma corrente elétrica de 10A. Responda:
- Qual a intensidade de do campo magnético externo ao cilindro num ponto situado longe das bordas?

- Considerando o interior da solenoide com apenas ar, qual seria a intensidade do campo magnético no interior do solenoide?

$$(\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A})$$

- Qual a intensidade de do campo magnético, se o núcleo do solenoide for 10 vezes maior que a do ar?
5. Em da do instante, um elétron se desloca com velocidade $v = 2,0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$, com direção e sentido indicados na figura, nesta região existe um campo magnético \vec{B} com intensidade de $1,5 \text{ T}$, com direção e sentido representados também na figura, determine, módulo, direção e sentido da força magnética atuante na partícula.



Fonte: do autor.

7º etapa investigativa: Aula expositiva dialogada e discussão de experimentos - Indução eletromagnética e corrente alternada. (2h/aula)

Inicialmente será feita uma aula expositiva dialogada sobre a lei de Faraday – Lenz. Nesta etapa o grupo responsável pela usina de energia fará a apresentação do trabalho de sua pesquisa sobre os geradores de corrente alternada, e quais as possibilidades de aplicação na geração de energia elétrica. Ao fim da apresentação, com

auxílio do professor, o grupo montará o experimento que exemplifica o funcionamento de um alternador (Apêndice VI) (Figura 24). O último momento desta etapa será um diálogo sobre equipamentos que utilizam corrente contínua ou alternada para seu funcionamento.

Figura 24: Experimento do alternador.



Fonte: do autor

8ª etapa investigativa: Aprofundamento dos conceitos físicos - Indução eletromagnética e corrente alternada. (2h/aula)

Nesta etapa serão aprofundados os conceitos vistos na etapa anterior no que se refere à lei da indução eletromagnética de Faraday – Lenz. O grupo responsável pela igreja na maquete apresentará sua pesquisa referente ao funcionamento de um alto falante, ao final de sua apresentação, com o auxílio do professor será feito o experimento do “anel saltante” (Apêndice VII) (Figura 25) para demonstrar a lei de Lenz.

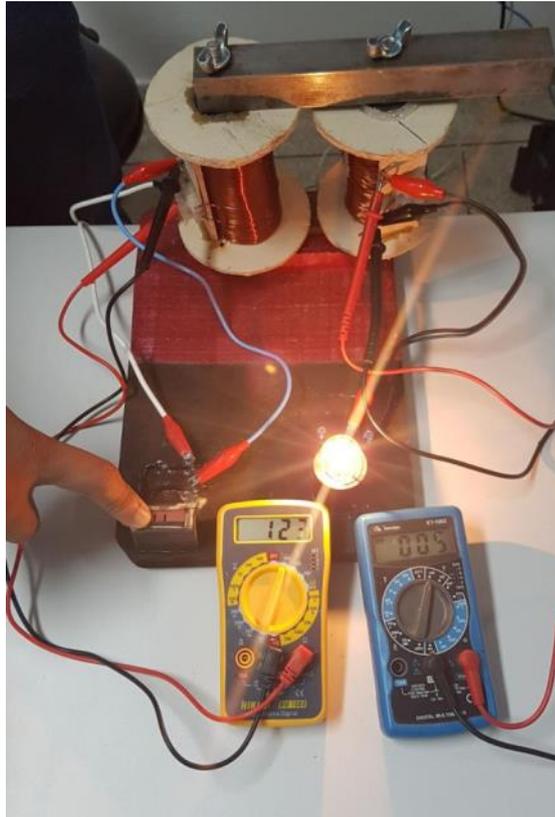
Figura 25: Anel saltante



Fonte: do autor.

Na sequência o grupo responsável pela subestação de energia elétrica, apresentará sua pesquisa sobre o funcionamento de um transformador e seus tipos. Ao fim da apresentação será montado com o *kit* experimental, um transformador (Apêndice VIII) (Figura 26), e simular as situações propostas no roteiro do experimento.

Figura 26: Transformador.



Fonte: do autor.

Finalmente, haverá a apresentação do experimento “forno de indução eletromagnética” (Apêndice IX) que trata das correntes parasitas, suas aplicações e consequências, após a exibição, enfatizar que a produção e transmissão de energia elétrica estão baseadas nos conceitos de indução eletromagnética.

9º etapa investigativa: Avaliação individual – Elaboração de mapa conceitual e Retomada do Estudo de Caso. (2h/aula)

O Estudo de Caso “*Chegou o Verão! E problemas...*” será retomado. As questões do Caso serão resolvidas individualmente e, na sequência, entregues ao professor.

Na segunda metade da aula o professor pesquisador solicitará a confecção de novo mapa conceitual com o tema “Produção e Transporte de Energia Elétrica”, para verificar se houve indícios de aprendizagem significativa.

Cada grupo terá oportunidade de apresentar seu mapa conceitual, explicitando suas conclusões sobre o estudo realizado e comparando-as com o mapa conceitual inicial, por eles elaborados. Ao fim desta aula o professor pesquisador disponibilizará o

link (Apêndice X) para os alunos responderem o questionário de avaliação da proposta didática.

Durante as etapas de aplicação, é importante manter em sala de aula além da maquete, cópias do Estudo de Caso aplicado, possibilitando consultas frequentes com o objetivo de direcionar a investigação.

A24	Subestação	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A08	Padaria	X	X	X	X	X		X	X	X
A13	Padaria		X	X		X	X	X	X	X
A16	Padaria	X	X	X	X	X	X	X	X	X
A18	Padaria	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Outra importante contribuição da direção escolar foi readequar os horários das aulas de física na turma 3m1, que antes tinha uma aula de 55 minutos nas segundas e sextas-feiras, para duas aulas de 55 minutos às segundas-feiras, nos dois últimos horários. Embora a última aula tenha uma duração mais curta, devido à necessidade dos alunos utilizarem o transporte público, a mudança foi positiva pois proporcionou um maior tempo em cada encontro, possibilitando um melhor aproveitamento dos experimentos, debates e apresentações.

É importante ressaltar que essa série de alterações, em relação à aplicação do produto, foi necessária pois a proposta inicialmente foi desenvolvida para aplicação em outra escola do município de Aracruz e se adequava à realidade desta. Porém, houve um concurso público na Rede Estadual no ano de 2018, que disponibilizou vaga apenas na escola em que o produto de fato foi aplicado e impossibilitou o trabalho na escola original pela coincidência dos turnos de trabalho. O início das atividades nesta escola ocorreu uma semana antes do início da aplicação do produto.

A Quadro 4 mostra um resumo dos conteúdos e temas trabalhados durante a aplicação da proposta didática, que serão detalhados na seção seguinte.

Quadro 4: Resumo dos conteúdos trabalhados.

AULA	CONTEÚDOS	MOMENTOS	AULAS
Aula 1	Introdução ao conteúdo:	Apresentar a proposta do curso e a organização das primeiras atividades. (20 min)	2
		Divisão dos alunos em grupos e explicação do tema de cada grupo. (20 min)	
		Aplicação do questionário de coleta de concepções prévias. (30 min)	
	Apresentação da maquete:	Descrição da maquete, apresentação de cada estabelecimento e abertura para perguntas (40 min)	
Aula 2	Aplicação do Estudo de Caso	Leitura do Estudo de Caso “Chegou o verão, e problemas...”. (15 min)	2
		Organização da turma nos grupos selecionados e exposição da proposta para cada grupo em específico. (25 min)	

		Demonstração da situação exposta no Estudo de Caso na maquete. (15 min)	
		Resolução do Estudo de Caso pelos alunos, e entrega ao professor. (30 min)	
		Discussão sobre o tema do Estudo de Caso. (25 min)	
Aula 3	Abordagem histórica do magnetismo	Leitura e discussão em grupo do texto “O fenômeno magnético”. (25 min)	2
		Leitura e discussão em grupo do texto “O experimento de Oersted”. (35 min)	
		Apresentação dos conceitos de magnetismo, campos magnéticos gerados por distribuições de corrente e modelo físico. (50 min)	
Aula 4	Representação das linhas de campo	Atividade de representação de linhas de campos com ímãs trazidos pelos alunos (40 min)	2
		Apresentação do trabalho do grupo da indústria metalúrgica. (20 min)	
		Experimento eletroímã (20 min)	
		Discussão com a turma sobre o experimento e comentários sobre o trabalho apresentado (20 min)	
Aula 5	Força magnética	Apresentação dos conceitos de força magnética em cargas em movimento e fios de corrente elétrica. (50 min)	2
		Experimento do motor elétrico. (15 min)	
		Apresentação do grupo do shopping. (20 min)	
		Discussão sobre as aplicações do motor elétrico no cotidiano e medidas para diminuir o consumo de energia elétrica. (25 min)	
Aula 6	Exercícios formais	Retomada dos conceitos teóricos aplicados anteriormente baseados na maquete e nos experimentos, com objetivo de auxiliar na resolução da lista de exercícios aplicada em seguida. A aplicação da lista de exercícios, teve resolução supervisionada pelo professor, e abordou os conteúdos: campo magnético gerado por distribuição de correntes, e de ímãs naturais, além da força magnética sobre cargas e fio de corrente imersos em um campo magnético externo. (110 min)	2
Aula 7	Indução Eletromagnética	Aula expositiva sobre os conceitos de indução eletromagnética (Lei de Faraday – Lenz) e corrente alternada. (50 min)	2
		Apresentação do grupo responsável pela usina de geração de energia elétrica (20 min)	

		Experimento do Alternador (20 min)	
		Discussão sobre as aplicações de corrente alternada no cotidiano e onde ela não é aplicada. (20 min)	
Aula 8	Indução Eletromagnética	Retomada do conteúdo da aula anterior (10 min)	2
		Apresentação do grupo responsável pela igreja (20 min)	
		Experimento do anel saltante (10 min)	
		Apresentação do grupo responsável pela subestação (20 min)	
		Experimento do transformador (10 min)	
		Apresentação do grupo responsável pela padaria (20 min)	
		Experimento do forno Indutivo (10 min)	
		Discussão sobre as aplicações da Lei de Faraday – Lenz no cotidiano (10 min)	
Aula 9	Retomada do Estudo de Caso	Retomada e resolução final do Estudo de caso. (40 min)	2
		Confecção e explicação de mapa conceitual pelos grupos (40 min)	
		Confecção de mapa conceitual no quadro com toda a turma (20 min)	
		0	

Fonte: do autor.

5.1 Análise das aulas

A seguir será feita a análise as aulas ministradas que integram as partes da proposta didática.

Aula 1 (2 horas/aula)

Este momento ocorreu no dia 15 de outubro de 2018 e foi apresentado previamente à turma como seria conduzida a disciplina de Física a partir daquele momento. Inicialmente foi falado sobre o método de ensino Estudo de Caso (EC), que seria a estrutura da intervenção didática. Ao dar detalhes sobre a proposta do método, o aluno A07 questionou se não haveria mais aulas tradicionais expositivas com aplicação de exercícios e provas.

O professor pesquisador respondeu que os instrumentos avaliativos eram contínuos e sempre baseados na interação deles com a proposta do Estudo de Caso e, desta forma, não

haveriam as avaliações tradicionais. Além dos questionários, os exercícios relacionados aos conceitos científicos seriam aplicados em forma de listas a serem resolvidas em grupos. Além disso, também será feita a apresentação da pesquisa sobre o estabelecimento comercial de cada grupo.

O aluno A16 respondeu que achava legal não ter avaliação ‘normal’ e que ele sempre ficava nervoso nas provas de Física. Após estes esclarecimentos, grande parte dos alunos manifestou simpatia à nova proposta, porém não fizeram novas perguntas.

Após o momento de apresentação da proposta, foi aplicado o questionário de coleta de concepções prévias, onde foi destacada a importância de uma resposta bem formulada e rica em detalhes em cada questão. O aluno A02 questionou sobre como responderia o questionário, pois o conteúdo ainda não havia sido abordado na disciplina. O professor pesquisador respondeu que, conforme o cabeçalho da atividade, a avaliação será feita de acordo com o detalhamento das respostas fornecidas e não conceituará certo ou errado, pois o conteúdo ainda não foi abordado.

Durante a aplicação do questionário os alunos demonstraram certo nervosismo, mesmo após ser explicado o contexto do questionário para avaliação. Porém, após perceber o desconforto na turma, o professor pesquisador fez nova intervenção e, de forma mais incisiva, explicou que a avaliação seria feita usando a riqueza de detalhes fornecidos por eles, a coerência com o tema e, principalmente, a evolução do conhecimento explicitado durante toda a aplicação do produto.

A resolução dos questionários prosseguiu normalmente, porém com boa parte dos alunos solicitando a ida do professor até a carteira afim de sanar algumas dúvidas. Foram feitos diversos esclarecimentos relativos à interpretação das questões e sempre conferindo se a resposta estava satisfatória ou se era necessário um maior aprofundamento. Alguns alunos também solicitaram esclarecimentos acerca dos conceitos científicos. O professor pesquisador respondeu que este não era o objetivo desta etapa da avaliação e que eles poderiam responder da forma que fizesse sentido no entendimento deles.

Após a resolução e entrega dos questionários por todos os alunos, foi feita a separação dos grupos, sendo que a turma contava com 27 alunos que frequentavam regularmente as aulas. Desta forma, os alunos foram divididos em 6 grupos, sendo 3 grupos com 4 integrantes e outros 3 grupos com 5 integrantes. De acordo com Vygotsky (2010), a interação social é fundamental

para o desenvolvimento das funções mentais superiores, desta forma os alunos que não interagiam costumeiramente foram colocados juntos nos grupos.

É precisamente o ponto essencial da concepção vygotskyana de interação social que desempenha um papel construtivo no desenvolvimento. Isto significa, simplesmente, que certas categorias de funções mentais superiores (atenção voluntária, memória lógica, pensamento verbal e conceptual, emoções complexas, etc.) não poderiam emergir e se constituir no processo de desenvolvimento sem o aporte construtivo das interações sociais. (VYGOTSKY, 2010, p.15-16)

O momento final da aula foi reservado para apresentar a maquete da cidade, que estava sobre a mesa do professor desde o início, o que gerou bastante inquietação na turma. Durante a apresentação da maquete, foi escolhido o estabelecimento que cada grupo iria pesquisar além de apontar a localização e a proximidade deste, em relação aos outros estabelecimentos. Neste momento, o aluno A08 perguntou onde a energia elétrica de Aracruz era produzida, Na sequência, o aluno A25 também questionou sobre o que era subestação de energia elétrica e onde ficava a do bairro. A pergunta sobre o que seria uma subestação de energia elétrica foi respondida imediatamente pelo professor pesquisador e as outras duas foram redirecionadas aos grupos responsáveis pelos estabelecimentos da usina de geração e da subestação.

Ao final da aplicação e após o término da aula, um grupo de alunos ainda questionou o professor pesquisador sobre o motivo de, na maquete, os postes possuem apenas dois fios ligando todo o circuito enquanto os postes da rua terem mais de dois fios. O professor pesquisador respondeu que a maquete foi feita para simular o funcionamento da cidade mas, por questões de segurança, foi escolhido trabalhar com corrente contínua e de baixa tensão. Por outro lado, em uma cidade real, como a demanda é bem maior e diversificada, além de se utilizar corrente alternada, geralmente é distribuída em tensão média (próximo de 13 quilovolts (kV)) e na tensão baixa com três fases de 127 Volts (V) e um neutro. Ficou notória a curiosidade dos alunos ao saírem da sala comentando a aula e demonstrando certa euforia. De acordo com o currículo do Espírito Santo (2009, p. 741), a metodologia utilizada para ensinar conceitos físicos deve se basear no conhecimento prévio do aluno levando em consideração seu contexto histórico. Desta forma deve buscar desenvolver reflexões sobre a compreensão dos conceitos científicos através da mediação do professor.

Aula 2 (2 horas/aula)

Ao iniciar a aula foi informado aos alunos que, de acordo com a proposta, este seria o momento de aplicar o Estudo de Caso. Foi distribuído a cada aluno uma cópia impressa do EC. Na sequência, foi realizada a leitura do EC de forma participativa envolvendo o professor

pesquisador e os alunos. Após o término da leitura do texto foram lidas as perguntas do EC e explicado pelo professor pesquisador que deveriam ser respondidas de forma particular de acordo com o estabelecimento de cada grupo.

Em seguida, foi mostrado na maquete o problema que acontecia na cidade durante a situação narrada no EC: inicialmente ligando a iluminação da cidade (normalmente) e a seguir mostrando a diminuição da intensidade das luzes uma vez ligados os equipamentos da escola. Durante a demonstração, o aluno A02 perguntou se a queda do nível de iluminação tinha algo a ver com o conteúdo de associação de resistores, discutido anteriormente. O professor pesquisador respondeu que, de forma geral, sim, porém existem outros tipos de cargas no circuito de uma cidade, além das cargas resistivas. Mas, de um modo geral, o raciocínio dele estava correto.

Figura 27: Simulação da queda de energia elétrica na maquete.



Novamente, ao trabalhar com a maquete, os alunos se aproximaram mais e demonstraram mais atenção no assunto abordado, onde vários deles pediram para manusear a maquete e tirar fotos. Ao terminar o momento com a maquete a turma foi orientada a começar a responder as questões do EC. Conforme a definição de Vygotsky (2010), a zona de desenvolvimento proximal é a distância entre as tarefas que o indivíduo realiza independentemente no seu nível de desenvolvimento cognitivo real e as tarefas que realiza com mediação, no seu nível de desenvolvimento cognitivo potencial. Desta forma, o trabalho com a maquete, mediado pelo professor, auxilia o aluno na tomada de decisões, posteriormente, tornando estas atividades parte do desenvolvimento cognitivo real possibilitando a inserção de novos elementos no desenvolvimento potencial mediado.

Durante o tempo dedicado às respostas do EC o professor pesquisador percebeu que pouquíssimos alunos haviam começado a responder os questionamentos. Diante deste comportamento, ele perguntou para alguns alunos qual seria o motivo para tal comportamento. A resposta de todos foi que não haviam entendido muito bem o que deveria ser feito. Imediatamente, o professor pesquisador explicou novamente como deveriam ser respondidas as questões. Posteriormente, os alunos se reuniram nos grupos selecionados na aula anterior afim de discutirem as possibilidades de resolução das questões 3 e 4 do EC, que dizem respeito ao estabelecimento escolhido por cada grupo.

O aluno A09 salientou que seria muito importante fazer uma visita ao estabelecimento representado para facilitar a resolução do questionário e, além disso, solicitou ao professor se seria possível entregar o questionário respondido na próxima semana. O professor achou bastante interessante a proposta do aluno de pesquisar o estabelecimento pessoalmente. Porém, esclareceu para a turma que este primeiro momento, de resolução do EC, é realizado com o conhecimento atual deles e que a pesquisa deveria ser feita para a apresentação do trabalho de cada grupo, além de servir como auxílio para toda a proposta desenvolvida, principalmente durante os debates e as atividades finais.

Na sequência da entrega das atividades resolvidas, foi promovido um debate sobre as considerações dos alunos a cerca do caso abordado, com o objetivo de promover a interação mediada e, com isso, abordar alguns conceitos importantes para a aprendizagem. Conforme Moreira (2009, p.19), é através da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores.

Dentre as questões colocadas pelos alunos durante o debate se destacaram as seguintes:

Aluno 26: “As quedas de energia elétrica acontecem na minha rua sempre quando venta muito e os galhos das árvores fazem os fios se encostarem”. O professor pesquisador explicou a ele que isso ocorre devido ao curto circuito gerado quando encostamos dois condutores mantidos a uma certa diferença de potencial. Este fato torna a resistência do circuito muito baixa e, conseqüentemente, a corrente muito elevada, ocasionando o derretimento dos fios e a falta de energia elétrica na cidade.

Aluno 12: “Professor, seria bom conversar com o dono da fábrica pra mudar a produção para o turno da noite, que aí ninguém estaria usando tanta energia”. O professor pesquisador respondeu que realmente é uma boa proposta, porém é necessário avaliar o custo que a empresa

terá por não aproveitar a luz natural do dia, além de ter que pagar um adicional noturno aos trabalhadores.

Aula 3 (2 horas/aula)

Este momento se iniciou com a distribuição do texto “O fenômeno magnético” (Figura 18) para a leitura em sala de aula, com a intenção de gerar uma discussão sobre alguns episódios do início do contato da sociedade com o magnetismo e seus usos.

O texto trata de ímãs naturais e suas funções na orientação dos seres humanos. Durante a leitura do texto, o aluno A26 questionou sobre a extração dos materiais usados para a fabricação dos ímãs: “Professor, se o ímã atrai o ferro, como faz pra fazer o ímã sem ele grudar nas máquinas?”. O professor pesquisador respondeu que os ímãs comercializados hoje em dia são extraídos da natureza em estado de minério e, inicialmente, não são magnéticos. Depois de passarem pela fábrica, que os deixa no estado que conhecemos, ou seja, as peças são magnetizadas e enviadas para aplicação final.

Ainda durante o debate acerca do texto, se destaca o questionamento do aluno A04 sobre a fabricação de bússolas e se elas sempre indicam o polo norte geográfico de forma correta. O professor explicou que as agulhas magnéticas das bússolas atuais não são mais feitas de magnetita e são fabricadas como os outros ímãs atuais, ou seja, magnetizados posteriormente à fabricação. Este processo possibilita que estejam padronizadas com a polaridade norte e sul. Porém, é importante não colocar bússolas próximas de outros ímãs e objetos magnéticos, para evitar alteração na calibração, causando erros de indicação.

O segundo momento da aula se caracterizou pela atividade de catalogação dos ímãs desconhecidos, em que foi fornecida uma única bússola para a turma toda, a qual ficou disponível na mesa do professor. Os alunos aproximaram um de seus ímãs da bússola (Figura 28), marcaram neste ímã os polos e, em seguida, o utilizaram para marcar os polos dos outros ímãs disponíveis. Esta atividade foi bastante dinâmica e proporcionou interação entre os grupos que, ao terminarem de catalogar os quatro ímãs solicitados, trocaram os ímãs e fizeram mais catalogações. Conforme Vygotsky (1988 *apud* MOREIRA, 2009, p.19) as interações sociais possibilitam ao indivíduo a internalização de signos e instrumentos e culminam na modificação do pensamento original.

Figura 28: Imã atraindo a agulha de uma bússola.



Fonte: do autor.

O último momento da aula foi a leitura do texto “O experimento de Oersted” (Figura 19), que aborda o episódio histórico em que o físico dinamarquês Hans Oersted percebeu a relação da passagem de corrente elétrica num condutor com a deflexão da agulha de uma bússola posicionada nas proximidades do fio, ou seja, relaciona os efeitos elétricos com os magnéticos (BONJORNO, 2016, p. 145). Logo em seguida da leitura do texto, o grupo responsável pela indústria metalúrgica questionou se o texto era sobre o tema do grupo. O professor pesquisador respondeu afirmativamente, porém ressaltou que na aula seguinte seria realizada a apresentação deles, onde o assunto poderia ser abordado de forma mais aprofundada.

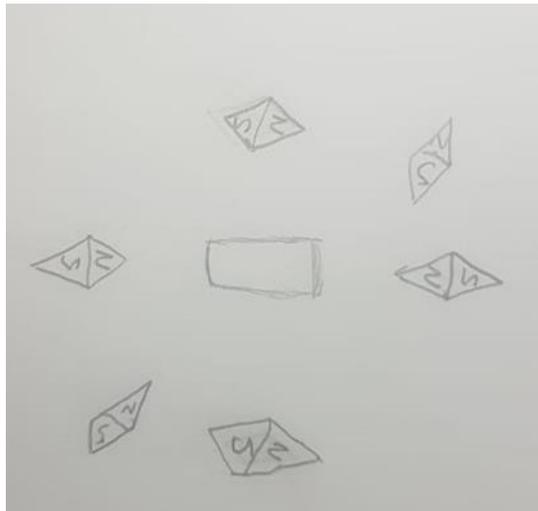
Aula 4 (2 horas/aula)

Esta etapa teve início com a atividade de representação do campo magnético de alguns ímãs fornecidos pelo professor pesquisador. Nesse momento, os alunos reunidos em seus respectivos grupos deveriam observar esses ímãs, representar os respectivos campos magnéticos por meio de um desenho em uma folha e, em seguida, discutir o que eles entenderam por campo magnético.

Em geral, os alunos não tiveram dificuldades ao realizar esta tarefa e fizeram as representações de forma livre. Também notou-se que, ao fazer a avaliação das atividades, três formas de representação do campo se repetiram bastante, a saber, as representações de bússolas, de linhas e de setas.

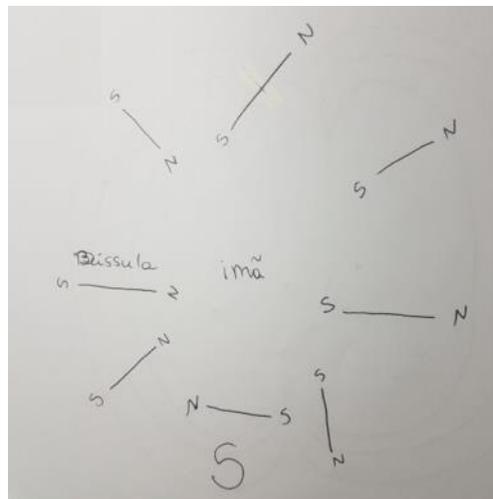
A forma de representação de bússolas em volta do imã analisado foi a que mais se repetiu (Figura 29). Todos os grupos variaram a posição da agulha da bússola, de acordo com a variação da posição dela em relação ao imã. Porém, apenas um grupo fez a representação com as bússolas considerando também a mudança de polos da agulha que aponta para o imã (Figura 30).

Figura 29: Representação do campo magnético com bússolas sem considerar polaridade.



Fonte: do autor

Figura 30: Representação do campo magnético considerando a atração dos polos opostos.



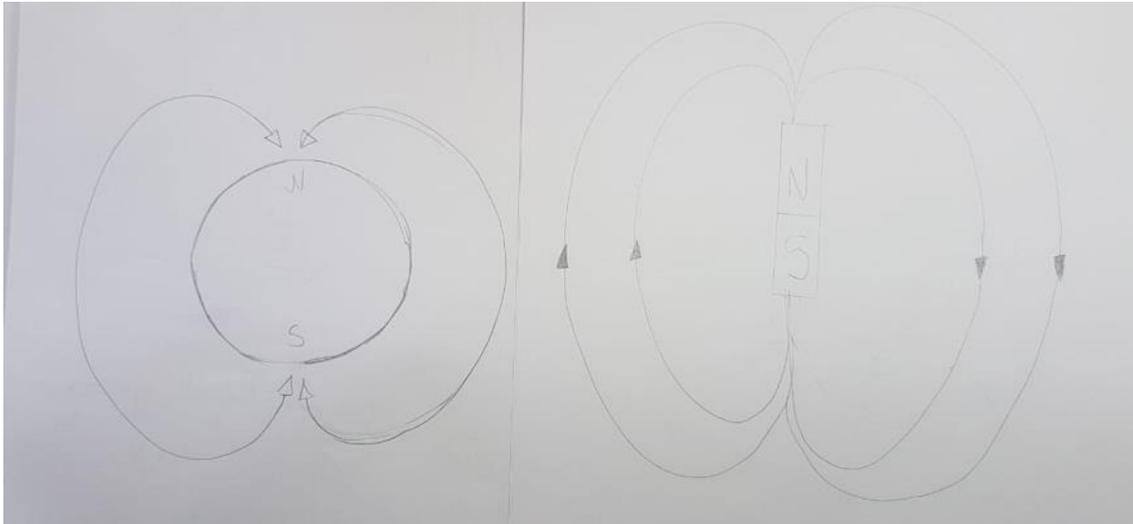
Fonte: do autor.

Diante deste cenário, foi possível inferir que a atividade de catalogação de imãs, efetuada na aula anterior, mostrou algum indício de aprendizagem haja vista a grande quantidade de alunos que associaram a bússola ao campo magnético.

A representação do campo magnético por meio de linhas (Figura 31) também foi expressiva, porém não apresentou um padrão específico. Em geral, os grupos mostraram linhas que ligavam um polo ao outro do imã, dando uma ideia de uniformidade do campo magnético.

Outra característica notada nas representações foi o sentido atribuído às linhas desenhadas; ocorreram casos de indicação de sentidos opostos na mesma linha, além de duas linhas saindo de um mesmo polo em direção ao outro, porém com sentidos diferentes.

Figura 31: Modelo de representação do campo por meio de linhas.

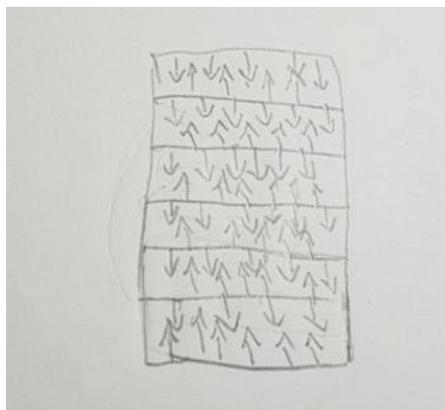


Fonte: do autor.

Outra maneira de representação foi na forma de setas internas ao corpo do ímã (Figura 32), em sentidos opostos. Nos desenhos, a quantidade de setas era a mesma para cada sentido. Porém, quando isto não acontecia, a diferença de quantidade era de uma seta ou no máximo duas, mostrando uma preocupação dos alunos em demonstrar uma simetria de atração dos ímãs.

Este grupo, ao entregar a atividade, chamou a atenção do professor pela particularidade da representação. Foi pedido ao representante do grupo para falar sobre a ideia de usar as setas. O mesmo respondeu que elas seriam responsáveis por atrair os objetos.

Figura 32: Representação do campo magnético por setas.



Fonte: do autor.

Após recolher as representações livres do campo magnético feitas pelos grupos, o professor pesquisador fez uma representação no quadro da sala do que seriam as linhas de campo magnético, além de mostrar algumas figuras, afim reforçar os conceitos. Além disso, foi realizado o experimento na sala com uma garrafa plástica contendo limalha de ferro e óleo (Figura 33 e 34). Neste, ao aproximar um campo magnético da garrafa, a limalha se acumula formando as linhas de campo magnético.

Figura 33: Garrafa magnética e linhas de campo.



Fonte: do autor.

Figura 34: Alunos visualizando as linhas de campo com auxílio da garrafa.



Fonte: do autor

O momento seguinte da aula foi a apresentação da pesquisa do grupo responsável pela indústria metalúrgica. A apresentação teve enfoque na utilização do eletroímã na indústria, onde a aplicação abordada por eles foi a de levantamento e transporte de cargas ferrosas.

Durante a apresentação eles abordaram aspectos importantes como a utilização de núcleo ferroso em eletroímãs para aumentar a intensidade do campo magnético, além da limpeza periódica que deve ser feita no eletroímã para eliminar possíveis fragmentos que ficam presos

ao núcleo ferroso, mesmo após cessada a passagem de corrente elétrica. Por fim, eles abordaram as relações de proporcionalidade direta da intensidade do campo magnético com a corrente elétrica que o gera.

Ao fim da apresentação, foi feita a experimentação com o eletroímã, utilizando o *kit* experimental (que sempre está presente nas aulas), com o objetivo de fazer algum outro experimento ocasional que não foi previsto na proposta da intervenção pedagógica.

Durante a realização do experimento do eletroímã, os alunos demonstraram bastante interesse na atividade e pediram para aproximar alguns objetos pessoais do experimento para verificar se existiria atração ou não. Um ponto importante deste momento foi que, como os experimentos do *kit* são todos ligados na rede elétrica, estes apresentam um ruído característico de indutores ligados em corrente alternada, devido a frequência da rede. Este fato levou alguns alunos a perguntar a origem do ruído e se existia perigo de choque elétrico.

O professor pesquisador explicou que o circuito elétrico é isolado do núcleo de ferro e, por isso, em condições normais não existe o risco de choque elétrico. Para comprovar essa afirmação, ele ligou o experimento a uma fonte de tensão e tocou os dedos no núcleo de ferro.

Logo na sequência, o professor pesquisador convidou alguns alunos para aproximarem uma barra de aço do eletroímã (Figura 35). A barra era atraída com uma força de intensidade considerável, o que assustou alguns dos estudantes. Eles também perceberam uma vibração oriunda do eletroímã, muito semelhante ao som que ouviram anteriormente, fazendo conexão com a frequência da rede.

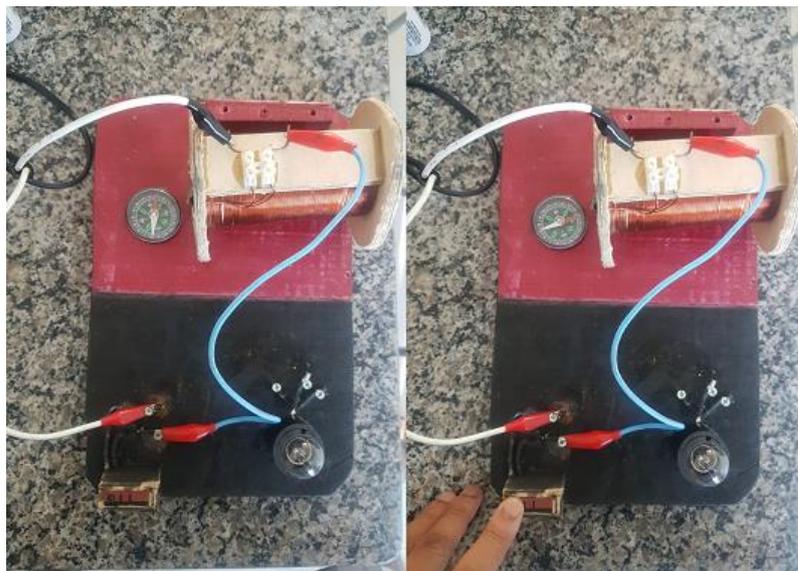
Figura 35: Aluna testando o eletroímã.



Fonte: do autor.

Ao fazer as considerações finais sobre a aula, o aluno A20 perguntou ao professor se existia possibilidade de refazer o experimento da aula passada (referindo-se ao experimento de Oersted). A montagem do experimento foi bastante rápida e simples, aproveitando o eletroímã já montado (Figura 36). Apenas foi feita a retirada do núcleo de ferro, com a bússola do *kit* aproximada da bobina. Ao permitir a passagem de corrente elétrica na bobina, a agulha da bússola variava o ângulo, de acordo com a intensidade do campo magnético a que estava submetida. O aluno A02 pediu para colocar a bússola em diversas posições ao redor da bobina e ficou observando a variação da posição da agulha. Ao final comentou: “não sabia que é assim que funciona o campo magnético”. Laburú (2006) defende que a atividade experimental é uma estratégia significativa na promoção da aprendizagem, principalmente quando possui traços motivadores, pois auxiliam o aluno em outras etapas do processo de ensino.

Figura 36: Experimento de Oersted feito em sala de aula.



Fonte: do autor.

Aula 5 (2 horas/aula)

Esta etapa teve início com uma abordagem qualitativa da força magnética, tomando como referência o experimento de Oersted realizado na aula anterior. Foi questionado à turma se existia força magnética sobre cargas elétricas em repouso. Nenhum aluno se manifestou.

Diante da passividade da turma, o professor exemplificou que, no caso de um circuito aberto ou desligado, as cargas estariam impedidas de circular por ele, então a intensidade de corrente elétrica é zero. Diante da explicação, o aluno A18 afirmou que “quando o circuito está desligado a bússola ficou normal, então não deve ter força”. O professor pesquisador reforçou a afirmação do aluno dizendo para a turma que a força magnética é dependente da velocidade. Dando sequência, foram desenhados diagramas no quadro para ilustrar que a força magnética só existe quando a direção do movimento da carga elétrica não é paralela às linhas de campo magnético.

Posteriormente foi apresentada a equação da intensidade do vetor força magnética e mostrado que, caso qualquer um dos valores das grandezas carga elétrica, velocidade, campo magnético ou o ângulo entre a direção do movimento e as linhas de campo magnético forem zero, não existe força magnética.

Ao tratar da força magnética entre fios condutores foi reforçada a ideia conceitual das relações de proporcionalidade entre as grandezas: força magnética, intensidade de corrente

elétrica e distância entre os fios. Ao apresentar a equação e uma ilustração no quadro, foi perguntado à turma o que acontecia com a forma magnética caso cada grandeza aumentasse ou diminuísse, desta vez a turma interagiu e respondeu de forma acertada e em coro. Vygotsky (2010) defende que a boa aprendizagem está à frente do desenvolvimento cognitivo e o dirige baseado nos conceitos pré-existentes.

O grupo responsável pelo shopping iniciou a apresentação trazendo um enfoque no uso de motores elétricos na climatização de ambientes (Figura 37), como ventiladores, difusores de ar e compressores. Inicialmente esclareceu a ação da força magnética e o torque que ocasiona o giro do eixo. Esta explicação foi feita com uso do quadro da sala de aula.

Por fim o grupo abordou a eficiência energética dos sistemas de climatização e formas de economia na conta de energia utilizadas, como sistemas que fazem reservas de água gelada durante a parte do dia, quando a energia elétrica é mais barata, e ser utilizada nos horários de pico onde o valor da energia elétrica é maior. Foi explicado também que esta cobrança diferenciada por horário do consumo não se aplica às instalações residenciais do sistema capixaba.

Figura 37: Representação da climatização pelo grupo do shopping.



Fonte: do autor.

Ao término da apresentação do grupo, foi iniciado o experimento do motor elétrico em que o eixo é formado por um ímã circular, com o objetivo de demonstrar a atuação da força magnética sobre o ímã, gerando o torque no eixo (HALLYDAY, 2003, p. 151). Em seguida,

foi aberto para os demais alunos da turma citarem aplicações do motor elétrico em seus respectivos estabelecimentos: o grupo da padaria citou o liquidificador e a batedeira; o da praça pública, o cortador de grama; o do shopping, citou a porta automática; o da indústria metalúrgica, citou a furadeira elétrica; o da subestação, ventiladores dos transformadores; o da usina, citou a cancela de estacionamentos.

Nesta etapa de aplicação do produto foi possível observar uma participação diferenciada dos alunos, em relação às demais aulas tradicionais. A estratégia de apresentar o conteúdo de forma introdutória com exemplos mais simples e qualitativos, deixando as relações matemáticas como pontos de convergência do conteúdo abordado, aproximaram mais os alunos dos conceitos científicos estudados.

De acordo com Laburú (2008), à medida em que se passa a planejar aulas e experimentos com a intenção de despertar a curiosidade do aluno, ao invés de simplesmente direcionar para o conceito estudado, pode-se mitigar atitudes de desinteresse como, por exemplo, nas atividades mais rigorosas. A redução do comportamento indiferente, durante a aplicação desta etapa, foi notada principalmente quando eram citados alguns assuntos cotidianos, em que os alunos já tinham um conhecimento prévio, porém, sem um método científico.

Aula 6 (2 horas/aula)

Este momento da aplicação foi destinado a fixação de conteúdo teórico ancorado nas atividades mais básicas e qualitativas da etapa anterior.

Tomando como ponto de partida os experimentos feitos nas aulas anteriores como o eletroímã e o motor elétrico, foram reforçados os conceitos de espira e de bobina. Na sequência, foram apresentadas as equações da intensidade do vetor campo magnético nos dois casos. Neste momento, o aluno A12 comentou que a intensidade do campo magnético da espira (em seu centro) era inversamente proporcional ao seu raio e diretamente proporcional à intensidade de corrente elétrica que passa por ela.

No instante da fala do aluno, notou-se que a turma em geral concordou com ele, esboçando expressões de afirmação. Desta forma, demonstrando uma possível associação da abordagem feita no encontro da semana anterior, que tratou de uma relação matemática semelhante.

Conforme Ivic (2010), de acordo com o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky, o indivíduo faz aquisição de um conhecimento de forma mediada que não seria possível adquirir sem a mediação. Desta forma, as relações das grandezas físicas, no cálculo da força magnética, se tornaram de mais fácil compreensão, em consequência da construção do planejamento da atividade ter objetivado especialmente o despertar do interesse do aluno.

Ao finalizar esta parte da aula com a abordagem expositiva, foi distribuída aos alunos uma lista de exercícios formais abordando o conteúdo de força magnética e campo magnético. A resolução da lista foi feita em sala de aula com o auxílio constante do professor pesquisador.

Foi perceptível que a turma não teve dificuldades significativas com as questões que envolviam cálculos com as equações apresentadas na aula presente e na anterior. Porém as questões conceituais e discursivas resultaram em algumas pequenas dúvidas que foram resolvidas pontualmente pelo professor e até mesmo com a ajuda dos colegas.

Todos os alunos conseguiram entregar a atividade antes do término da aula, a média de acertos da turma foi de 70% das questões, sendo 55% a menor nota obtida, mostrando um resultado positivo na atividade.

Aula 7 (2 horas/aula)

O ponto de partida desta etapa foi um resgate nos conceitos de fluxo de calor já trabalhados com a turma no ano anterior. Estes conceitos auxiliaram na demonstração que o fluxo magnético é definido pelo produto da intensidade do campo magnético com a área atravessada e o cosseno do ângulo entre a normal à superfície e a direção do fluxo (BONJORNO, 2016, p. 169). Para auxiliar a visualização, foram realizados esboços no quadro representando as linhas de campo atravessando determinada área, juntamente com a demonstração do ângulo formado entre a normal e a área.

Aproveitando as ideias de proporcionalidade passadas nas aulas anteriores, o professor aproveitou para questionar à turma sobre o comportamento do fluxo magnético com a variação do ângulo entre o campo e à normal à superfície. Inicialmente, os alunos demonstraram dificuldades devido a relação com o cosseno do ângulo e não somente com o valor do ângulo. Porém, após sanada essa dúvida, eles responderam normalmente. Este exemplo foi dado usando a variação da intensidade do campo e o tamanho da área, porém a turma não mostrou esta dificuldade inicial de interpretação.

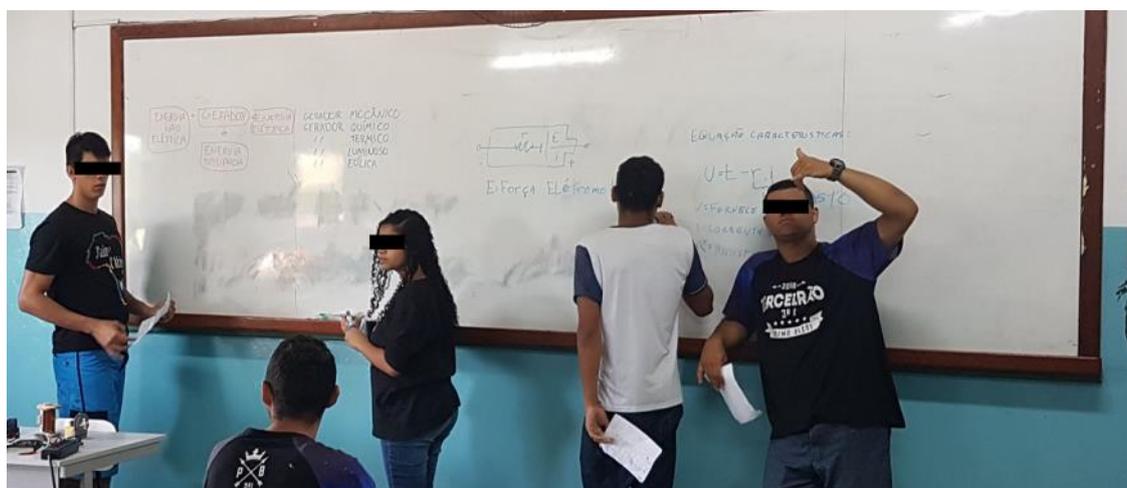
A seguir, foi mostrado o conceito da lei de Faraday em que a força eletromotriz é igual ao negativo da taxa de variação do fluxo magnético num intervalo de tempo (HALLIDAY, 2003, p. 185). O aluno A05 questionou sobre o sinal negativo na frente da fração. O professor pesquisador explicou estar relacionado à lei de Lenz (HALLIDAY, 2003, p. 186), que afirma que o sentido da corrente elétrica induzida, dá origem a um fluxo magnético induzido que se opõe à variação do fluxo que lhe deu origem. Este também esclareceu que o sinal negativo vem desta oposição à variação do fluxo.

Ao encerrar o momento da aula expositiva, foi aberto espaço para o grupo da usina de geração de energia elétrica fazer a apresentação de sua pesquisa.

O grupo iniciou a apresentação discutindo sobre as fontes de energia elétrica de nosso país e que a principal delas é a hidrelétrica. Em seguida foi promovida uma discussão muito interessante sobre as bandeiras tarifárias que são embutidas nas contas de energia elétrica, mostrando que elas representam uma variação do custo de produção da energia, a saber: bandeira verde com as usinas térmicas desativadas, bandeira amarela com as usinas parcialmente ativadas e bandeira vermelha com as usinas completamente ativadas. Também foi abordado pelo grupo que são chamadas usinas termelétricas, aquelas abastecidas por combustíveis fósseis como carvão e resíduos de petróleo, biomassa e por reações nucleares.

A abordagem do gerador foi feita por um esquema de fluxograma no quadro, explicando que o gerador transforma alguma forma de energia em energia elétrica (Figura 38).

Figura 38: O grupo da usina abordando o funcionamento do gerador.



Fonte: do autor.

O grupo responsável pela usina trouxe também um experimento simples que é formado por dois leds ligados em paralelo e com polaridade oposta, além de uma bobina, um núcleo de

ferro e um ímã (Figura 39). Desta forma, o led que seria aceso depende do sentido do fluxo da corrente, que varia se o ímã se aproxima ou se afasta do núcleo de ferro da bobina.

Figura 39: Experimento de gerador elaborado pelo grupo.



Fonte: do autor.

Este experimento foi feito por todos os alunos, que testaram e mostraram bastante interesse (inclusive tirando fotos e postando em redes sociais). O entusiasmo dos alunos com o experimento foi aproveitado para reforçar a lei de Faraday. Neste momento experimental do grupo, o professor pesquisador também mostrou o funcionamento do gerador elétrico do *kit* (Figura 40) que, por contar com ímãs maiores, demonstra a repulsão magnética com maior intensidade entre o campo magnético induzido e o campo magnético do ímã que se aproxima.

Figura 40: Experimento do gerador elétrico do *kit* experimental.



Fonte: do autor.

Ainda com os alunos testando os experimentos, foi aberto um momento de conversa a respeito de aparelhos que utilizam corrente alternada ou corrente contínua.

O aluno A25 afirmou que “todos os aparelhos que temos em casa funcionam com corrente alternada que é a que vem da rua”.

O aluno A05 afirmou que “o celular funciona com corrente contínua por ter bateria”.

O aluno A21 perguntou ao professor, “carro funciona com corrente alternada porque tem alternador”?

O professor pesquisador respondeu que todos os aparelhos que temos em casa e são ligados à rede elétrica funcionam a base de corrente alternada. Porém, muitos deles convertem a corrente alternada em contínua por meio de fontes retificadoras ou inversoras, para alimentarem seus circuitos eletrônicos. Os celulares, por exemplo, utilizam seu carregador para converter corrente alternada em contínua e ainda diminuir a tensão elétrica da rede para carregar a bateria interna. Além disso, existem equipamentos que funcionam com os dois tipos de corrente como, por exemplo, as geladeiras que possuem painel digital e o forno de micro-ondas.

Ainda nesta explicação, foi mostrado que o carro é um exemplo importante de circuito elétrico, em que a energia mecânica do motor é transformada em energia elétrica (tensão alternada no alternador). A seguir, a corrente é retificada numa placa retificadora que, além de controlar a tensão, tem a função de carregar a bateria e manter outros sistemas em funcionamento. Quando o motor não está funcionando, a bateria mantém os sistemas elétricos do carro em funcionamento e também é responsável por dar partida no motor. Todos os sistemas de um carro funcionam com corrente contínua.

Ao finalizar a explicação o aluno A21 perguntou “O choque é mais forte em 110 V ou 220 V”? O professor pesquisador respondeu a ele que, tratando o corpo com a mesma resistência elétrica nas duas situações, haveria mais corrente passando por ele com a tensão maior, de acordo com a lei de Ohm. E que, considerando que potência é o produto entre tensão e corrente, o choque em 220 volts teria uma potência dissipada maior no corpo humano e, conseqüentemente, seria mais intenso.

O papel de mediação exercido pelo professor foi importante, pois atuou como um indivíduo que já internalizou os significados compartilhados socialmente no processo de interação. Durante esse processo o aluno retorna com o significado que conseguiu captar e mostrando ao professor mediador suas dificuldades. Conforme Moreira (2009, p. 22), neste compartilhamento de significados entre professor e aluno ocorre o processo de ensino.

Aula 8 (2 horas/aula)

Nesta etapa, inicialmente foi retomada a lei de Faraday e associação desta com os experimentos apresentados. A seguir, iniciou-se a apresentação dos grupos.

O primeiro grupo a apresentar a pesquisa foi o responsável pela igreja, onde o equipamento em questão era o alto-falante. O grupo iniciou discutindo o funcionamento do sistema de som em geral. Inicialmente as ondas sonoras, que são ondas mecânicas longitudinais, vibram a membrana do microfone. Esta membrana está conectada a uma bobina que acompanha seu movimento e em volta da bobina existe um ímã em formato de anel. O movimento da bobina, em relação ao ímã de anel, gera corrente elétrica alternada induzida na bobina que, por sua vez, é amplificada no amplificador do aparelho e deste para o alto-falante, produzido som novamente.

O grupo fez a relação do alto falante com o microfone e afirmou que os dois obedecem a lei de indução eletromagnética de Faraday, sendo que no microfone a corrente elétrica é gerada

pelo movimento da bobina provocado pela voz, em relação ao ímã. Já no alto falante, a corrente elétrica passa pela bobina já é amplificada e a sua frequência faz a bobina se mover junto com a membrana, em relação ao ímã. Este movimento dá origem ao som que ouvimos nos alto-falantes.

Outro ponto interessante da apresentação do grupo foi o experimento feito com uma caixa de som pequena e um fone de ouvido de celular. Ao conectar um fone de ouvido, na entrada de microfone de um aparelho de som, ele funciona como microfone, mostrando se tratarem de equipamentos muito semelhantes.

Ao fim da apresentação do grupo responsável pela igreja foi realizado o experimento “anel saltante”, que mostra o fenômeno de levitação magnética, em que uma espira em volta de um núcleo de ferro sofre uma força de repulsão na presença do fluxo magnético.

O momento seguinte foi a apresentação do grupo responsável pela subestação de energia elétrica. Inicialmente, foi discutido a necessidade de se ter subestações de energia elétrica, justificando que se as linhas de transmissão funcionassem com baixa tensão, a corrente elétrica se tornaria muito elevada para que a transmissão de energia elétrica se desse nos níveis desejados (potência transmitida). Sendo assim, seria necessário usar cabos mais grossos, o que encareceria toda a instalação.

Após a justificativa, o grupo explicou que existem subestações que elevam a tensão e outras que diminuem a tensão. As que elevam a tensão ficam próximas às usinas geradoras de energia elétrica e a alta tensão é aplicada nas linhas de transmissão. Por outro lado, as subestações que reduzem a tensão ficam próximas das cidades afim de que a baixa tensão seja utilizada nas residências.

O tópico seguinte da pesquisa se refere ao transformador de tensão alternada. Nesse caso, o grupo abordou o tema de forma conceitual, mostrando que o campo magnético variável da bobina primária induz corrente elétrica alternada na bobina secundária e, para isso, utilizam o núcleo de ferro. Foram mostradas também as equações do transformador, considerando que o transformador ideal mantém as potências de entrada e de saída.

Ao final da apresentação do grupo, foi realizado o experimento do transformador presente no *kit* experimental, onde a montagem seguiu a sugerida no manual, que era bem semelhante ao experimento anterior, precisando de apenas algumas adaptações. No experimento é possível

verificar que a lâmpada acende devido à corrente elétrica induzida na bobina secundária, uma vez que a bobina primária esteja ligada à rede elétrica.

Ao mostrar as medidas de tensão entre das bobinas e o número de espiras delas, o aluno A25 se adiantou ao professor e questionou o motivo da potência de saída ser inferior a de entrada. O professor convidou o mesmo para se aproximar da mesa onde estava o experimento e pediu que tocasse no núcleo de ferro. Com isso, o aluno percebeu que a peça estava bastante aquecida. Neste momento, o professor aproveitou para falar das perdas de energia elétrica em um equipamento real, que no caso do experimento, eram devido ao calor e o ruído que ele emite quando ligado.

O aluno A25 questionou se existe um transformador ideal. O professor pesquisador explicou que, para a construção de tal transformador, seria necessário a utilização de materiais que não aquecessem na passagem de corrente elétrica e que possuíssem um acoplamento magnético perfeito, o que não é possível de se obter nos dias atuais.

A sequência da aula foi a apresentação do grupo da padaria, que iniciou afirmando que os equipamentos responsáveis pelo aquecimento numa padaria são os que mais consomem energia elétrica do estabelecimento. Além disso, foi afirmado que, atualmente, o forno de indução não está presente nas padarias da região, sendo predominantes os modelos elétricos e a gás.

O grupo citou como vantagem do forno de indução, o menor consumo quando comparado ao modelo de resistência elétrica, e a possibilidade de ser instalado num local fechado, ao contrário dos modelos a gás que consomem oxigênio do ar, além de haver a possibilidade de ocorrer vazamentos do gás combustível. Como desvantagem, eles citaram o alto custo de aquisição e, dependendo do preço do gás e da energia elétrica, pode se tornar mais cara a sua utilização.

As correntes de Foucault foram abordadas de forma conceitual pelo grupo, como uma corrente que surge em um material condutor quando sujeito a um campo magnético variável. Desta forma, parte da energia elétrica produzida acaba sendo dissipada em forma de calor e, conseqüentemente, aquecendo o forno.

Para complementar a apresentação do grupo, o professor pesquisador montou o experimento do *kit* forno de indução e, em seguida, chamou o aluno A10 para ser voluntário. Ao fazer o primeiro teste com uma barra de ferro maciça, o aluno atestou que a barra esquentou.

A seguir, foi realizado o teste com a barra de ferro composta por várias varetas de menor diâmetro onde não foi perceptível o aquecimento da barra.

Foi esclarecido pelo professor pesquisador que as correntes de Foucault tem efeito de aquecimento mais pronunciado em superfícies homogêneas devido a baixa resistência encontrada pela corrente induzida. Por outro lado, quando o material é “laminado” e separado por camadas de esmalte isolante (dos fios) o surgimento dessas correntes é reduzido substancialmente.

Nesta etapa, ocorreram alguns atrasos com as apresentações dos grupos e não foi possível discutir sobre o forno de indução, pois o sinal de saída dos alunos já havia tocado.

Aula 9 (2 horas/aula)

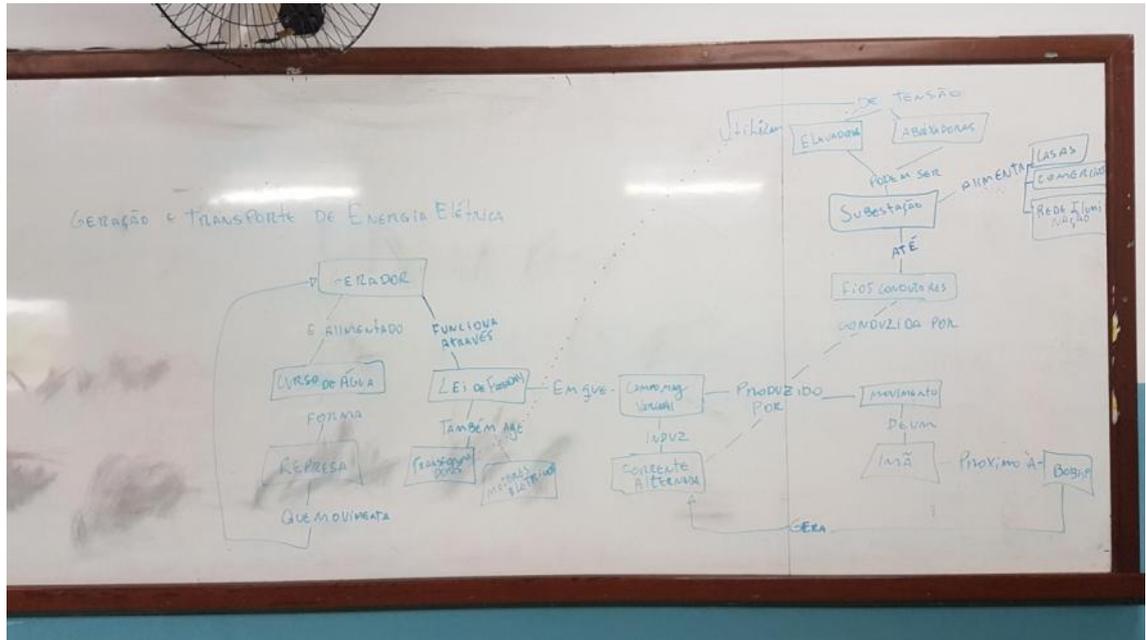
Esta etapa foi a de retomada do Estudo de Caso após o aprofundamento de conhecimento que ocorreu nos momentos anteriores, onde a sequência está de acordo com a proposta de Linhares e Reis (2008).

Foram distribuídas novas cópias do EC aplicado no início da proposta, para a resolução final, e explicado que deveriam utilizar os conceitos adquiridos nas aulas, pesquisas e trabalhos dos colegas, tendo a preocupação de fornecer respostas bem completas. A turma seguiu fazendo a atividade e as poucas dúvidas, que foram sanadas com o auxílio do professor pesquisador, se tratavam de palavras esquecidas e detalhes das aulas.

O momento seguinte da aula foi a confecção dos mapas conceituais sobre o tema de geração e transporte de energia elétrica. A proposta inicial era que os grupos fizessem os mapas e apresentassem para a turma, porém todos os grupos rejeitaram a ideia e sugeriram que o professor se dirigisse até as mesas para ouvir a explicação dos mapas.

Com o fim da confecção dos mapas foi proposta a construção de um mapa no quadro da sala de aula (Figura 41) com a participação de todos e a mediação do professor pesquisador, com o objetivo de indicar relação entre os conceitos abordados, ou ainda relacionar as palavras que usamos para representar conceitos (MOREIRA, 2012, p. 41).

Figura 41: O mapa conceitual construído pela turma.



Fonte: do autor.

Ao encerramento da aplicação do produto foi respondido um questionário eletrônico (Figura 42), em que os alunos avaliaram a proposta didática. Com o objetivo de traçar o perfil dos alunos participantes, foram feitas perguntas sobre a relação do aluno com a escola e o estudo de física, além de abordar a importância da proposta didática na aprendizagem. O questionário foi estruturado em perguntas com respostas em escala de satisfação de 1 a 5, e preenchido no laboratório de informática da escola pelos alunos com um prazo de uma semana.

Figura 42: Formulário de avaliação da aplicação da proposta didática.

Avaliação da proposta didática.

Este questionário tem o objetivo de saber sua opinião sobre a proposta didática aplicada à sua turma.

*Obrigatório

Endereço de email *

Sua resposta _____

1- Costuma faltar as aulas de física? *

1 2 3 4 5

sempre me ausento não me ausento

2- Tem hábito de tirar dúvidas com o professor dentro ou fora das aulas? *

1 2 3 4 5

não tiro dúvidas sempre tiro dúvidas

3- Qual seu nível de esforço para estudar física? *

1 2 3 4 5

nenhum esforço muito esforço

4- Qual o seu grau de dificuldade com a disciplina de física? *

1 2 3 4 5

muita dificuldade nenhuma dificuldade

5- Considera a utilização de experimentos feitos com materiais de baixo custo importante para compreensão do conteúdo? *

1 2 3 4 5

pouco importante muito importante

6- Os assuntos abordados foram objetivos e claros? *

1 2 3 4 5

insuficiente suficiente

7- Os conteúdos abordados tem relevância em sua vida? *

1 2 3 4 5

Pouco útil Muito útil

8- A distribuição de conteúdo ao longo da proposta foi adequada? *

1 2 3 4 5

inadequada adequada

9- A resolução de um caso baseado em fatos vividos na escola tornaram as aulas mais interessantes? *

1 2 3 4 5

pouco interessantes muito interessantes

10- Você considerou importante para a compreensão do conteúdo, o uso da maquete simulando os problemas relatados no Estudo de Caso? *

1 2 3 4 5

pouco importante muito importante

11- Como avalia o método de ensino abordado durante a aplicação da proposta didática? *

1 2 3 4 5

péssimo ótimo

ENVIAR

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

5.1 Análise dos instrumentos

Inicialmente foi aplicado aos alunos um questionário de coleta de concepções prévias. Com o intuito de que, através das respostas às questões, fosse possível melhorar a abordagem em sala de aula durante a aplicação da proposta didática, levando em consideração os conceitos já existentes.

Nesta seção serão analisados os resultados obtidos com a aplicação dos instrumentos de avaliação.

As respostas ao questionário de coleta de concepções prévias foram categorizadas, no Quadro 5 na utilização de conceitos científicos ou de conceitos cotidianos. Conforme Vygotsky (2010) o desenvolvimento dos conceitos científicos tem importância semelhante ao desenvolvimento dos conceitos cotidianos, porém são essenciais na capacidade de abstração e operação dos signos.

No início da aplicação foi explicado pelo professor pesquisador que o objetivo da atividade era coletar o conhecimento prévio à aplicação da proposta didática, sendo a correção indiferente aos conceitos de certo ou errado. Contudo, ainda assim, alguns alunos não preencheram as questões.

Quadro 5: Categorização das respostas dadas ao questionário de coleta das concepções prévias.

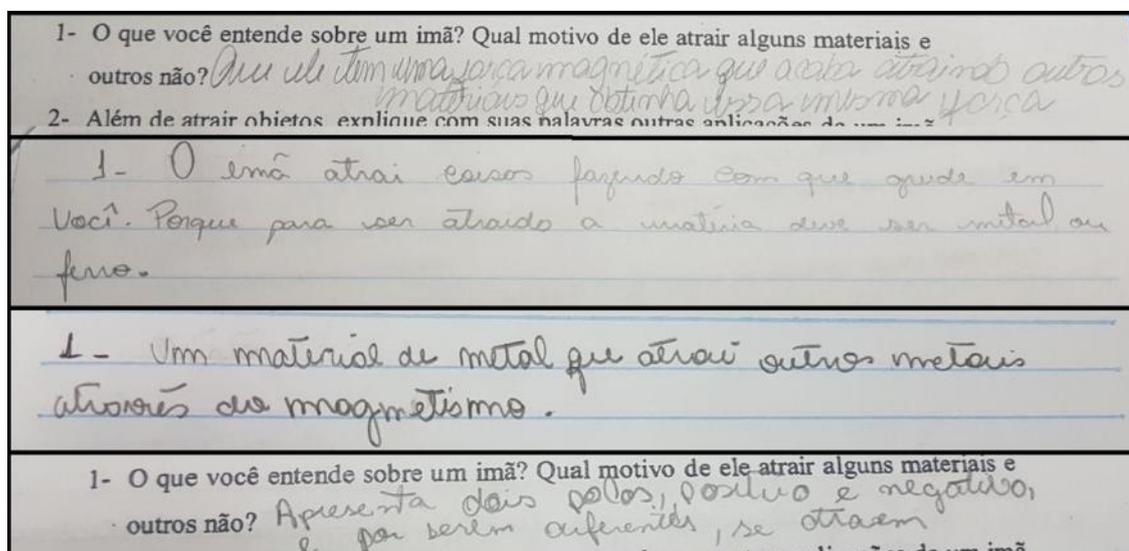
Questões	Apresentaram conceito científico	Apresentaram conceito cotidiano	Não responderam
1- O que você entende sobre um ímã? Qual motivo de ele atrair alguns materiais e outros não?	6	19	2
2- Além de atrair objetos, explique com suas palavras outras aplicações de um ímã no cotidiano.	3	17	7
3- O que entende por campo magnético? Represente as linhas de campo magnético nas figuras abaixo:	0	4	23
4- Em sua opinião, qual motivo de em situações normais uma bússola apontar sempre na mesma direção?	6	10	11
5- Motores elétricos estão por toda a parte, desde um ventilador que usamos nos dias mais quentes, até o celular que vibra ao receber uma ligação. Explique com suas palavras o que ocorre em um motor elétrico que,	3	7	15

na passagem de corrente elétrica gira seu eixo?			
6- Quais são as principais fontes de geração de energia elétrica no nosso país?	25	0	2
7- A nossa cidade possui subestações de energia elétrica? E transformadores? Qual função de cada um deles?	6	14	7
8- Como a energia elétrica consumida é produzida e transportada até as tomadas?	8	15	4

Fonte: do autor.

A primeira questão do questionário de coleta de concepções prévias objetivou introduzir o assunto do magnetismo, a maior parte dos alunos que respondeu à questão demonstrou um conhecimento baseado em experiências cotidianas, como a atração que um ímã exerce sobre alguns metais, na maioria das vezes sem especificar qual metal. Das respostas que apresentaram algum conceito científico, destacaram-se as citações do campo magnético, força magnética e a existência dos dipolos magnéticos. A figura 43 mostra as respostas que abordaram conceitos de maior frequência na turma.

Figura 43: Resoluções da primeira questão do questionário.

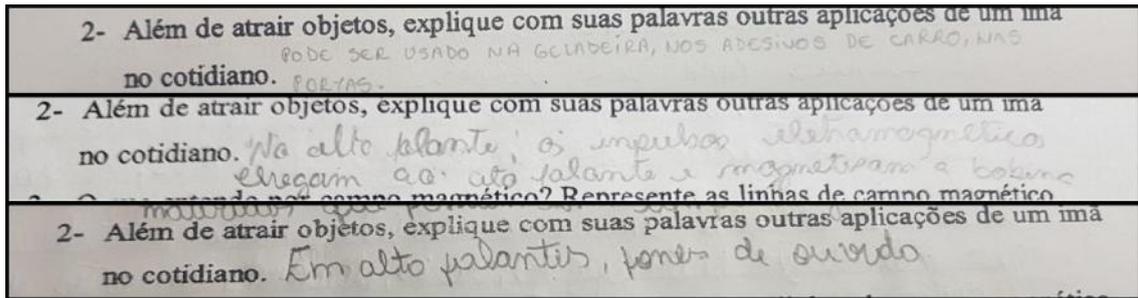


Fonte: do autor

A questão seguinte tratou das aplicações conhecidas pelos alunos dos ímãs no cotidiano. A resposta mais frequente foi a de um ímã de geladeira usado na forma de enfeite ou para prender pequenos objetos na mesma. A de menor frequência, porém bastante significativa, se refere aos ímãs utilizados em fones de ouvido (figura 44).

Das respostas que apresentaram conceitos cientificamente corretos, se destacou aquela que citou o imã de um alto falante. Diferente da citação do fone de ouvido, desta vez o funcionamento do alto falante foi relacionado à magnetização gerada pela bobina do mesmo. De modo geral, a turma mostrou ter pouco conhecimento, no que se refere às aplicações do magnetismo, se resumindo a citar a atração que os imãs exercem em outros metais ferrosos.

Figura 44: Resoluções da segunda questão do questionário.

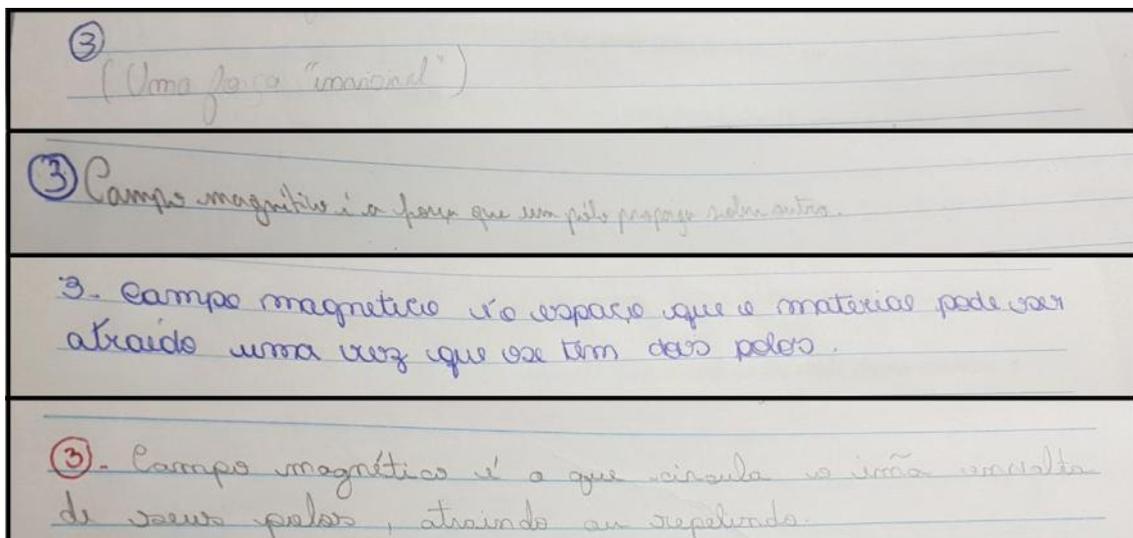


Fonte: do autor.

A terceira questão teve por objetivo verificar o entendimento dos alunos acerca do conceito de campo magnético. Muitos alunos não responderam a mesma, pois declararam que não conheciam a expressão “campo magnético”.

As respostas obtidas relacionaram o campo magnético à uma “força invisível”, e novamente com a atração dos materiais metálicos, e atração e repulsão entre os polos dos ímãs. Também houve a descrição do campo magnético como um espaço em volta de um ímã que se percebe os efeitos magnéticos (figura 45). De acordo com Máximo (2000, p.231), “A direção e o sentido das linhas de indução de um campo magnético são indicados pela orientação de agulhas magnéticas colocadas em diversos pontos do campo”.

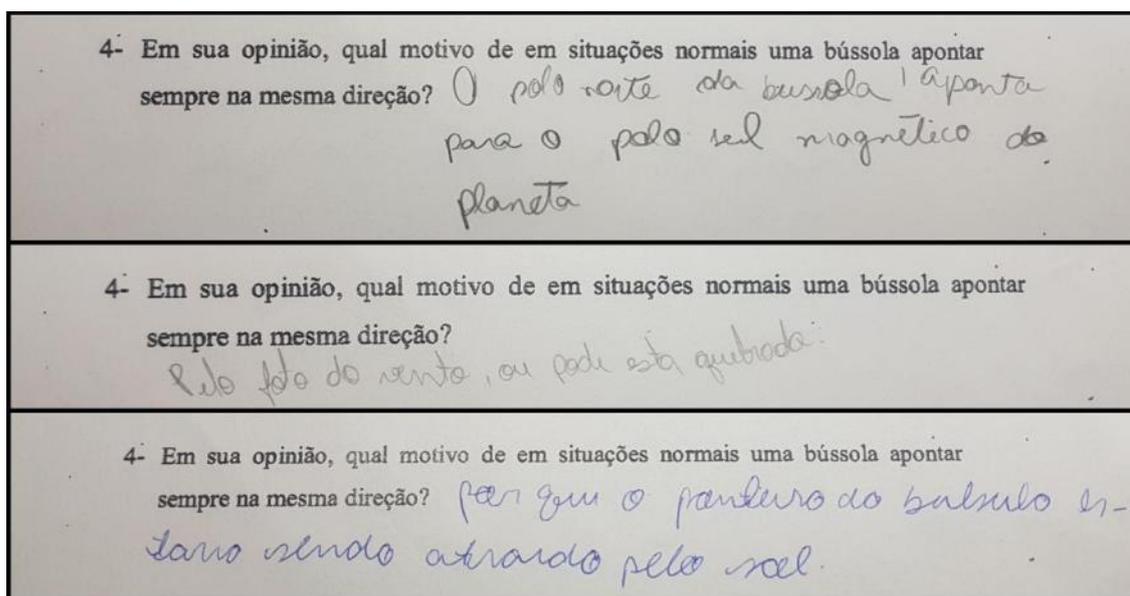
Figura 45: Resoluções da terceira questão do questionário.



Fonte: do autor

A quarta questão da lista solicitou que o aluno justificasse o motivo da agulha da bússola, em condições normais de uso, sempre apontar para a mesma direção. Esperava-se a atribuição deste fenômeno ao campo magnético terrestre, porém apenas seis alunos fizeram esta associação. Os demais alunos relacionaram a orientação da bússola com a posição do sol ou direção dos ventos (figura 46).

Figura 46: Resoluções da quarta questão do questionário.



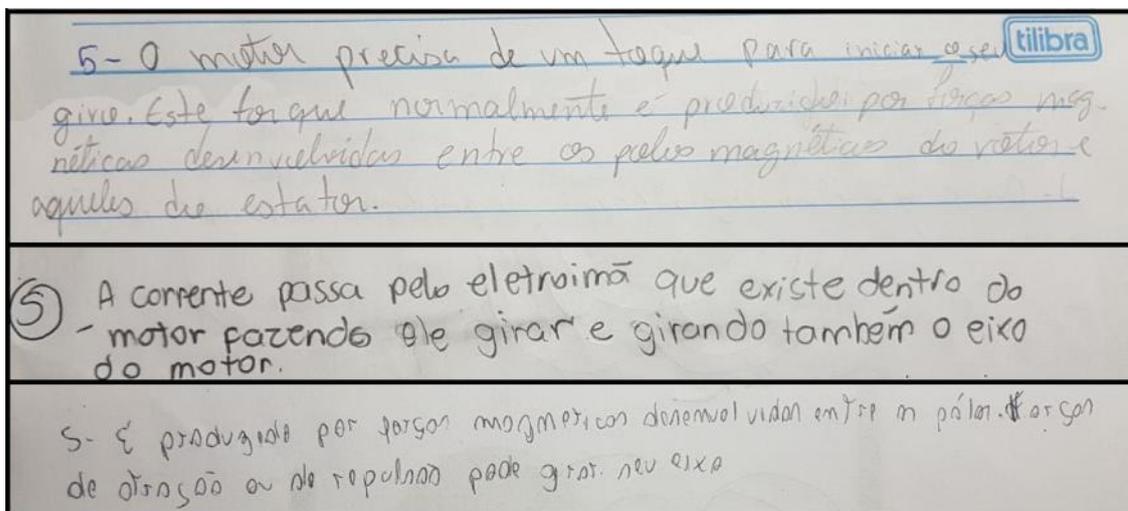
Fonte: do autor.

O objetivo da quinta questão foi verificar o conhecimento dos alunos com relação ao funcionamento de um motor elétrico. A resposta esperada deveria estar relacionada com “[...] a ação que um campo magnético exerce sobre uma espira de corrente, no sentido de produzir um movimento de rotação (torque)” (HALLIDAY, 2001, P. 151).

O conceito de torque foi citado na resposta de três alunos que também demonstraram conhecimento sobre a arquitetura de um motor elétrico, mencionando partes como rotor e estator (figura 47). Estes alunos frequentavam um curso profissionalizante na área de eletricidade no contra turno, o que embasou a resposta tão detalhada.

Ocorreu também a associação do funcionamento do motor elétrico com o eletroímã e a citação de forças magnéticas de atração e de repulsão. Estes conceitos estão presentes na geração do torque, porém mencionados isoladamente, tornaram as respostas incompletas.

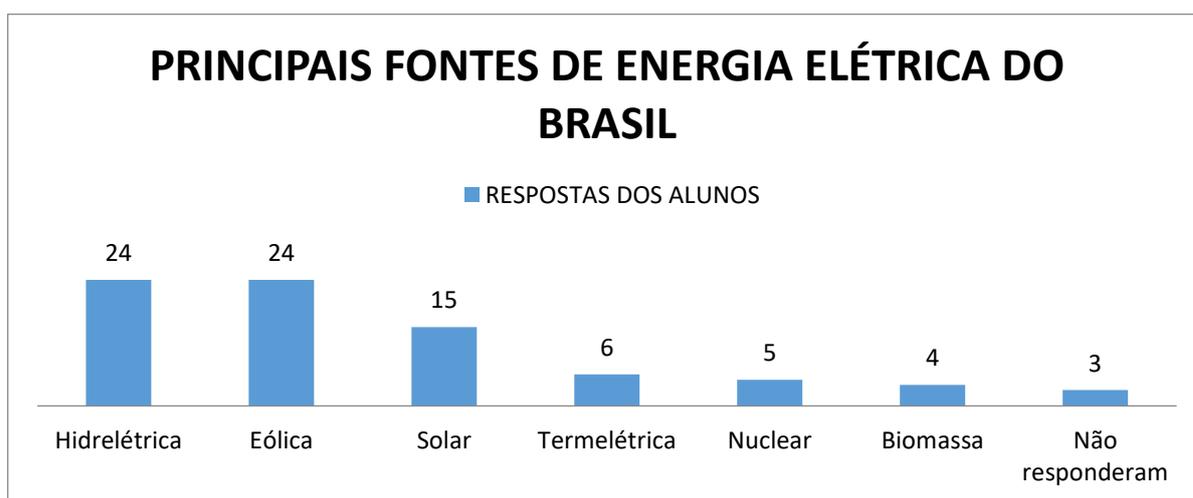
Figura 47: Resoluções da quinta questão do questionário.



Fonte: do autor.

A sexta pergunta do questionário buscou analisar o conhecimento do aluno sobre as principais fontes de energia elétrica utilizadas no Brasil. O Quadro 6 mostra a distribuição das respostas dos alunos, que em sua totalidade demonstrou conhecer as usinas hidrelétricas e eólicas. A terceira fonte mais citada foi a solar, que tem se difundido através das placas fotovoltaicas instaladas em algumas em algumas casas. As fontes termelétrica, nuclear e biomassa também foram citadas, mas em menor frequência.

Quadro 6: Distribuição das respostas à sexta questão do questionário.



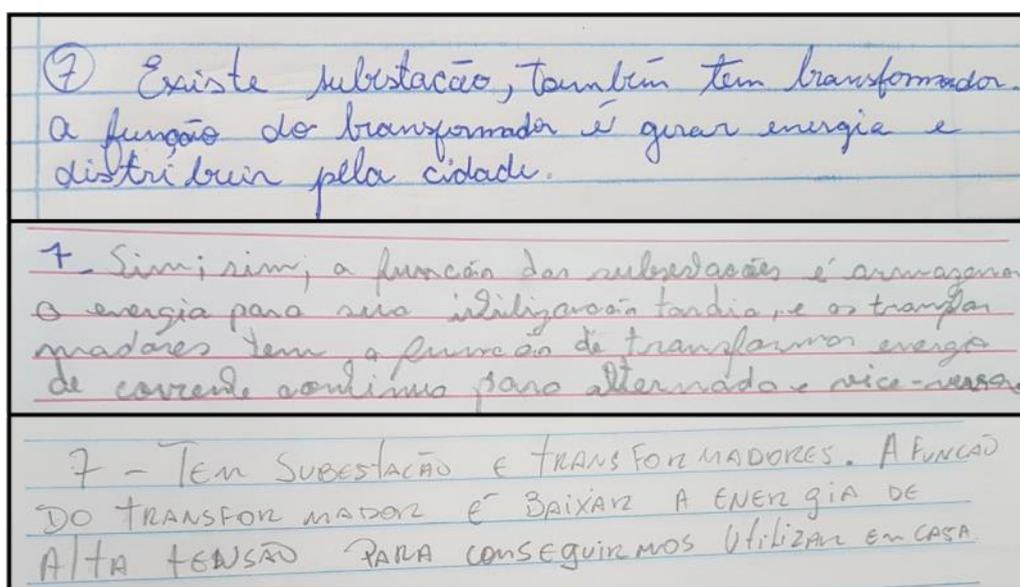
Fonte: do autor.

A sétima questão abordou o conhecimento dos alunos sobre a existência de subestações e transformadores na região e a utilidade deles. Na região existe uma subestação bem conhecida, e foi mencionada por todos os alunos. Todos também mostraram conhecimento da existência dos transformadores no bairro.

A integração do aluno na sociedade onde vive é objetivo da disciplina de física no currículo do Espírito Santo. A associação da teoria com a prática tende a propiciar o exercício de uma cidadania emancipatória (Espírito Santo, 2009, p. 739).

A grande maioria da turma associou os transformadores e subestações erroneamente com a geração ou armazenamento de energia elétrica. As repostas que apresentaram conceitos científicos atribuíram ao transformador o rebaixamento da tensão da rede para a utilização doméstica (figura 48). Não houveram respostas que descreveram o funcionamento da subestação e tampouco associação com o transformador.

Figura 48: Resoluções da sétima questão do questionário.



Fonte: do autor

A última questão solicitou a explicação em um pequeno texto de como a energia elétrica é produzida e como ela chega até as nossas casas. O objetivo é desenvolver a proposta do currículo do Espírito Santo, que atribui como habilidades a serem desenvolvidas na 3ª série do Ensino Médio: Analisar diversas possibilidades de geração e condução de energia elétrica para uso social, identificando e comparando as diferentes opções em termos de seus impactos ambiental, social e econômico (Espírito Santo, 2009, p. 744).

As respostas apresentaram um padrão ao descreverem a produção das usinas hidrelétricas, citando as represas, turbinas e geradores, como partes importantes da usina. Dos vinte e três alunos que responderam à questão, nove afirmaram que a energia produzida nas usinas vai diretamente para o consumo final, sem intermediações. Seis respostas descreveram as subestações e transformadores como instalações capazes de armazenar energia e adequá-la para o consumo final. Embora não apresentem conceitos científicos tão definidos, esse tipo de

resposta deve ser usado pelo professor para estruturar a sua mediação e inserção do conceito científico (BARBOSA; BATISTA, 2018, P. 50-51).

As respostas categorizadas por apresentar conceito científico totalizaram oito, descrevendo o processo de geração como as demais, detalhando a presença de subestações que elevam a tensão para a transmissão em longas distâncias e de subestações de rebaixamento de tensão e transformadores.

A análise das respostas ao EC foi feita comparando as respostas na aplicação prévia e na retomada. Linhares e Reis (2008, p. 561) defendem que a aplicação do EC seja feita em pelo menos três etapas, sendo a primeira onde o participante expõe suas concepções prévias, na segunda, aprofunda seus conhecimentos com o objetivo de resolver o caso e finaliza com uma nova resolução do Caso.

O Quadro 7 mostra as respostas dos alunos à primeira questão do EC, que aborda a hipótese sugerida para as quedas de fornecimento de energia elétrica na escola. Inicialmente houve uma atribuição da causa do problema ao calor, no uso excessivo dos condicionadores de ar e também no funcionamento da fábrica de sorvetes. Dois grupos relacionaram inicialmente a razão do problema à qualidade das instalações e o grupo da padaria sugeriu que existisse um gerador de energia que não estaria suprindo corretamente a demanda de energia elétrica.

Os grupos ao responderem novamente o EC, trouxeram hipóteses que se relacionavam de forma mais direta com conceitos científicos, como o funcionamento concomitante de grande quantidade de aparelhos elétricos potentes e a sobrecarga na instalação pública, incluindo o transformador. Na perspectiva de Vygotsky (1988), o papel da escola é, também, desafiar e estimular o desenvolvimento dos processos psicológicos que não se desenvolveriam de forma espontânea, como a interpretação dos conceitos científicos.

Quadro 7: Respostas dos grupos à primeira questão do EC.

RESPOSTAS À QUESTÃO 1: “Suponham que vocês sejam o senhor Jackson, o que considerariam como causa das quedas de energia na escola? Justifique.		
GRUPOS	RESPOSTA PRÉVIA	RESPOSTA NA RETOMADA
METALÚRGICA	O gasto de energia dos aparelhos de ar condicionado nos dias mais quentes.	A partida de grandes máquinas na fábrica de sorvetes ao mesmo tempo que a escola usa os condicionadores de ar.
SHOPPING	A escola e a fábrica de sorvetes funcionando ao mesmo tempo na mesma região.	O transformador instalado na rua está pequeno para a demanda da região.

USINA	Algum curto circuito.	O aumento de demanda de energia pela escola, pois foi a única coisa que mudou de um ano para o outro.
IGREJA	Utilização excessiva do ar condicionado.	As novas instalações de ar condicionado sobrecarregaram o transformador da rua.
SUBESTAÇÃO	Ligações mal feitas ou clandestinas.	O uso de vários equipamentos ao mesmo tempo sobrecarregou a instalação da região e interrompe o fornecimento de energia.
PADARIA	Algum problema no gerador geral.	Os dias quentes fizeram a fábrica de sorvete gastar mais energia e a escola ligar mais os condicionadores de ar. Isso tudo sobrecarregou o transformador.

Fonte: do autor.

A segunda questão proposta no EC teve o objetivo de iniciar a reflexão do participante na resolução do problema proposto. Conforme Sá *et al.* (2007, p. 732), “o EC pode contribuir na capacidade de resolução de problemas, desenvolver autonomia e pensamento crítico, proporcionar comunicação entre os participantes, além de servir de auxílio na assimilação do conceito científico e mostrar suas aplicações”.

O Quadro 8 exhibe as respostas dos estudantes à pergunta “Você considera alguma relação dos problemas de energia elétrica na escola com os estabelecimentos próximos?”. Os grupos relacionaram inicialmente a queda de energia com o funcionamento da fábrica de sorvetes, com os dias quentes e com a falta de estrutura da rede de distribuição para suportar a nova demanda. Na retomada do caso, os seis grupos relacionaram o problema com uma demanda superior ao dimensionamento da rede, que não suportaria o funcionamento de todos os equipamentos ao mesmo tempo.

O uso de resolução de problemas está previsto no Currículo Básico da Escola Estadual do Espírito Santo, como alternativa para o ensino de física.

O professor pode propor temas da área de física para grupos de alunos, para que eles apresentem seminários e possam, além de aprender a se expressar de forma coerente, também aprender a investigar, pesquisar em livros, na internet, em revistas, em dicionários, entrevistar pessoas, enfim, estimular o desenvolvimento da habilidade verbal e elevar o nível intelectual do aluno. Ele também aprenderá a ordenar ideias para expô-las e defendê-las perante os colegas. Aprenderá a receber críticas e rebatê-las com argumentação plausível (ESPÍRITO SANTO, 2009, p. 741).

Quadro 8: Respostas dos grupos à segunda questão do EC.

RESPOSTAS À QUESTÃO 2: “Você considera alguma relação dos problemas de energia elétrica na escola com os estabelecimentos próximos?”		
GRUPOS	RESPOSTA PRÉVIA	RESPOSTA NA RETOMADA

METALÚRGICA	Sim, com a fábrica de sorvetes.	Não, na verdade o problema é que a rede de distribuição não suporta a nova demanda da escola.
SHOPPING	Sim, com a fábrica de sorvetes.	Sim, porque o transformador até suporta, mas tem que ser em horários mais distribuídos.
USINA	Não, porque a energia cai para todos os estabelecimentos ao mesmo tempo.	Sim, pois os transformadores não conseguem fornecer energia para a escola e a fábrica ao mesmo tempo.
IGREJA	Sim, porque a energia distribuída é insuficiente.	Sim, porque os condicionadores de ar e os equipamentos da fábrica usam muita energia no verão e o transformador não suporta.
SUBESTAÇÃO	Sim, todas as instalações da região podem atrapalhar umas as outras.	Sim, porque a fábrica de sorvetes está fabricando mais sorvetes no verão e a rede elétrica não suporta.
PADARIA	Não, porque a sobrecarga de energia na escola acontece apenas em dias quentes.	Sim, porque nos dias quentes usa-se mais energia com ar condicionado, geladeira, ventilador e outros.

Fonte: do autor.

O objetivo da terceira questão do EC foi despertar no aluno uma inquietação para buscar a informação de formas diversas. No momento inicial, a resposta foi feita com o conhecimento prévio. Porém, durante a aplicação da proposta, os alunos tiraram dúvidas com o professor pesquisador de algumas hipóteses e também questionaram alguns profissionais e estabelecimentos envolvidos na questão. De acordo com Oliveira (2016, p. 57), “as interações que oportunizam diálogo, troca de informações, vivências e divisão de tarefas em torno de um objetivo em comum, são importantes para a produção de conhecimento pelos educandos e ampliam as capacidades individuais”.

As respostas prévias (Quadro 9) mostraram em sua maioria o conhecimento cotidiano dos alunos, diante de uma questão incomum ao ambiente escolar. Todavia, ao fazer a retomada (Quadro 9) os grupos demonstraram evolução no entendimento da questão e maior precisão nas respostas, além de relatarem a realização de pesquisas nos estabelecimentos, com pessoas conhecidas e internet, a fim de desenvolverem uma melhor resposta.

A mediação humana foi importante para o desenvolvimento dos conceitos trazidos pelos alunos de seu cotidiano, que através de diálogos, pesquisas e entrevistas, conseguiram dirimir suas dúvidas. Para Lucci (2006, p. 9), “o principal mediador do desenvolvimento das funções

psicológicas superiores é a linguagem, que tem o papel de fornecer mediação entre o sujeito e o objeto de estudo”.

Dentre as respostas fornecidas, destacam-se os grupos da usina e subestação que, inicialmente, tinham pouco conhecimento sobre o estabelecimento e não responderam de maneira satisfatória. Na retomada do Caso, estes grupos demonstraram através de suas respostas desenvolvimento nos conceitos.

Quadro 9: Respostas dos grupos à terceira questão do EC.

RESPOSTAS À QUESTÃO 3: “No estabelecimento representado por seu grupo, quais seriam os equipamentos que mais consomem energia?”		
GRUPOS	RESPOSTA PRÉVIA	RESPOSTA NA RETOMADA
METALÚRGICA	Máquinas de trabalhar com os metais.	Máquinas de solda e esmerilhadeiras.
SHOPPING	Ar condicionado.	Ar condicionado e iluminação.
USINA	Gerador.	Equipamentos da parte administrativa.
IGREJA	Sistema de som, iluminação e ar condicionado.	Sistema de som, iluminação e ar condicionado.
SUBESTAÇÃO	Sem resposta	Transformadores.
PADARIA	Forno elétrico.	Forno elétrico e freezer.

Fonte: do autor.

A quarta questão do EC (Quadro 10) buscou que o aluno apresentasse propostas para diminuir o uso de energia elétrica no estabelecimento que representa. Conforme Herreid (1998) um “bom” Estudo de Caso precisa ter algumas características como: ser relevante para o leitor, ter utilidade pedagógica e forçar uma tomada de decisão.

As respostas prévias já apresentaram soluções viáveis para diminuição do consumo de energia elétrica, como aproveitamento de luz solar e revisão das instalações elétricas. Inicialmente as respostas apresentaram soluções muito simples que poderiam acarretar outros problemas.

Durante a retomada, foram propostas soluções mais completas para diminuição do uso de energia elétrica: o uso de placas solares para produzir sombra e gerar energia elétrica simultaneamente, instalação de toldos em janelas, verificar se existem equipamentos mais eficientes disponíveis e sempre desligar na tomada os equipamentos que não estiverem sendo utilizados.

Foi possível perceber que os alunos já possuíam um conhecimento relevante sobre o tema e, com o EC, puderam se aprofundar no assunto, trazendo novas possibilidades de resolução. Luckesi (1999, p. 89), nos esclarece que “a medida da aprendizagem do educando

corresponde à contagem das respostas corretas emitidas sobre um determinado conteúdo de aprendizagem que se esteja trabalhando”, diante disso pode-se perceber o desenvolvimento dos alunos acerca do tema tratado.

Quadro 10: Respostas dos alunos à quarta questão do EC

RESPOSTAS À QUESTÃO 4: “Quais medidas poderiam ser adotadas para diminuir o consumo de energia elétrica em seu estabelecimento?”		
GRUPOS	RESPOSTA PRÉVIA	RESPOSTA NA RETOMADA
METALÚRGICA	Verificar se as máquinas estão desperdiçando energia elétrica.	Dar manutenção na instalação elétrica e adquirir máquinas mais eficientes.
SHOPPING	Aproveitar melhor a luz do sol.	Cobrir o estacionamento com placas solares, que fariam sombra para os carros e forneceria energia elétrica.
USINA	Ligar menos o gerador.	Colocar toldo nas janelas das salas para diminuir a incidência do sol, e usar menos o ar condicionado.
IGREJA	Fazer a celebração mais tarde por ser mais fresco e diminuir o volume do som.	Evitar fazer celebração em horários quentes e não deixar nada desnecessário ligado na tomada.
SUBESTAÇÃO	Verificar se existe algum curto circuito.	Fazer uma rigorosa manutenção nos transformadores, principalmente depois de dias de vento e chuva.
PADARIA	Colocar mais pães da cada vez no forno, e assar várias coisas juntas.	Deixar a área dos freezers mais ventilada. Aproveitar ao máximo o forno.

Fonte: do autor.

O Quadro 11 apresenta as respostas dos alunos dadas à questão “Que providências podem ser tomadas para evitar as quedas de energia na escola?”. O envolvimento de um problema vivenciado pelo aluno é importante para despertar seu interesse nas reflexões que envolvem a resolução do EC (QUEIROZ; CABRAL, 2016).

As respostas dadas inicialmente forneceram soluções adequadas para evitar as quedas de energia, que poderiam ser feitas por ações simples, como reduzir a utilização de alguns aparelhos e instalar geradores. Contudo, após a exposição dos conceitos científicos durante a aplicação da proposta didática, os alunos conseguiram associar os problemas às instalações elétricas, como condutores e transformadores, reorganizar o horário de uso dos equipamentos mais potentes e aquisição de sistemas de geração de energia por placas fotovoltaicas.

Para Cavalcanti (2005), o desenvolvimento do pensamento conceitual permite uma mudança na relação cognitiva do indivíduo com o mundo e contribui para a consciência reflexiva do aluno. A função da escola é promover estes ambientes de reflexão e interação mediada com o mundo.

Quadro 11: Respostas dos alunos à quinta questão do EC.

RESPOSTAS À QUESTÃO 5: “Que providencias podem ser tomadas para evitar as quedas de energia na escola?”		
GRUPOS	RESPOSTA PRÉVIA	RESPOSTA NA RETOMADA
METALÚRGICA	Não ligar todos condicionadores de ar ao mesmo tempo.	Trocar o transformador que distribui energia para a rua da escola por um mais potente.
SHOPPING	Usar novamente os ventiladores.	Instalar placas fotovoltaicas na escola para ajudar a fornecer energia para os aparelhos.
USINA	Colocar temperatura 1°C mais alta em todos os aparelhos de ar condicionado.	Conversar na fábrica de sorvete para não utilizar os equipamentos com maior consumo nos horários de pico.
IGREJA	Avisar a EDP (concessionária da cidade) do ocorrido.	Aumentar a potência do transformador que fornece energia para a região.
SUBESTAÇÃO	Retirar da tomada os aparelhos usados sem necessidade.	Refazer a instalação elétrica da rua considerando a nova demanda da escola, da fábrica e outros estabelecimentos.
PADARIA	Instalar um gerador.	Instalar um sistema de geração de energia solar, pra diminuir a conta e manter sempre o ar ligado.

Fonte: do autor.

A última questão do EC trata dos problemas que podem ocorrer na cidade em consequência da interrupção do fornecimento de energia elétrica. A utilização de elementos cotidianos com o objetivo de despertar a curiosidade dos alunos e a investigação, tende a incentivá-los a buscar possíveis soluções práticas para esses problemas (FAVILA; ADAIME, 2013, p. 2871).

Inicialmente as respostas à sexta questão (Quadro 12) foram muito pontuais em citar a danificação dos equipamentos elétricos como causa da queda de energia. Este conceito geralmente aprendido em casa com a família é bastante aceito pelos alunos participantes. Posteriormente, na retomada do EC, as respostas foram mais abrangentes ao tratar de consequências mais gerais das quedas de tensão na cidade, como aumento do número de acidentes em virtude da falta de iluminação e sinalização semafórica, deterioração de produtos

perecíveis, e interrupção das atividades do comércio e da escola. Desta forma, pode-se observar o desenvolvimento das respostas dos alunos à uma questão que envolve diretamente o seu ambiente. De acordo com Zabala e Arnau (2010, p.173), “o principal empenho da educação é promover um ensino com o objetivo de propiciar o pensamento nos problemas do cotidiano possibilitando ao aluno formação para resolver problemas futuros e diversificados de forma eficaz”.

Quadro 12: Respostas dos alunos à sexta questão do EC.

RESPOSTAS À QUESTÃO 6: “Discuta acerca de alguns problemas que podem ocorrer em decorrência de quedas de tensão na rede de energia elétrica.”		
GRUPOS	RESPOSTA PRÉVIA	RESPOSTA NA RETOMADA
METALÚRGICA	Queima os equipamentos conectados à tomada.	Prejudica os tratamentos hospitalares e deixa a cidade mais perigosa por não ter iluminação e nem semáforos.
SHOPPING	Estragaria alimentos na casa das pessoas e causaria prejuízos.	Causa diversos prejuízos com produtos perecíveis, equipamentos queimados e acidentes nas ruas.
USINA	Estraga os equipamentos que estão ligados.	Pode estragar os equipamentos conectados, alimentos que precisam de refrigeração, vacinas, e aumentar os acidentes.
IGREJA	Queima os equipamentos.	Aumento dos acidentes por não ter semáforo e iluminação pública, perda dos alimentos da geladeira, fechamento dos comércios.
SUBESTAÇÃO	Estragar os aparelhos que estiverem funcionando no momento e suspender as aulas da escola.	Pode causar acidentes no trânsito, estragar comida nas casas e estabelecimentos, suspender as aulas na escola.
PADARIA	Pode queimar os equipamentos elétricos.	Prejudica a cidade por completo, pois as coisas quase sempre dependem de eletricidade para funcionar. E a maioria dos estabelecimentos não tem gerador, assim como as casas.

Fonte: do autor.

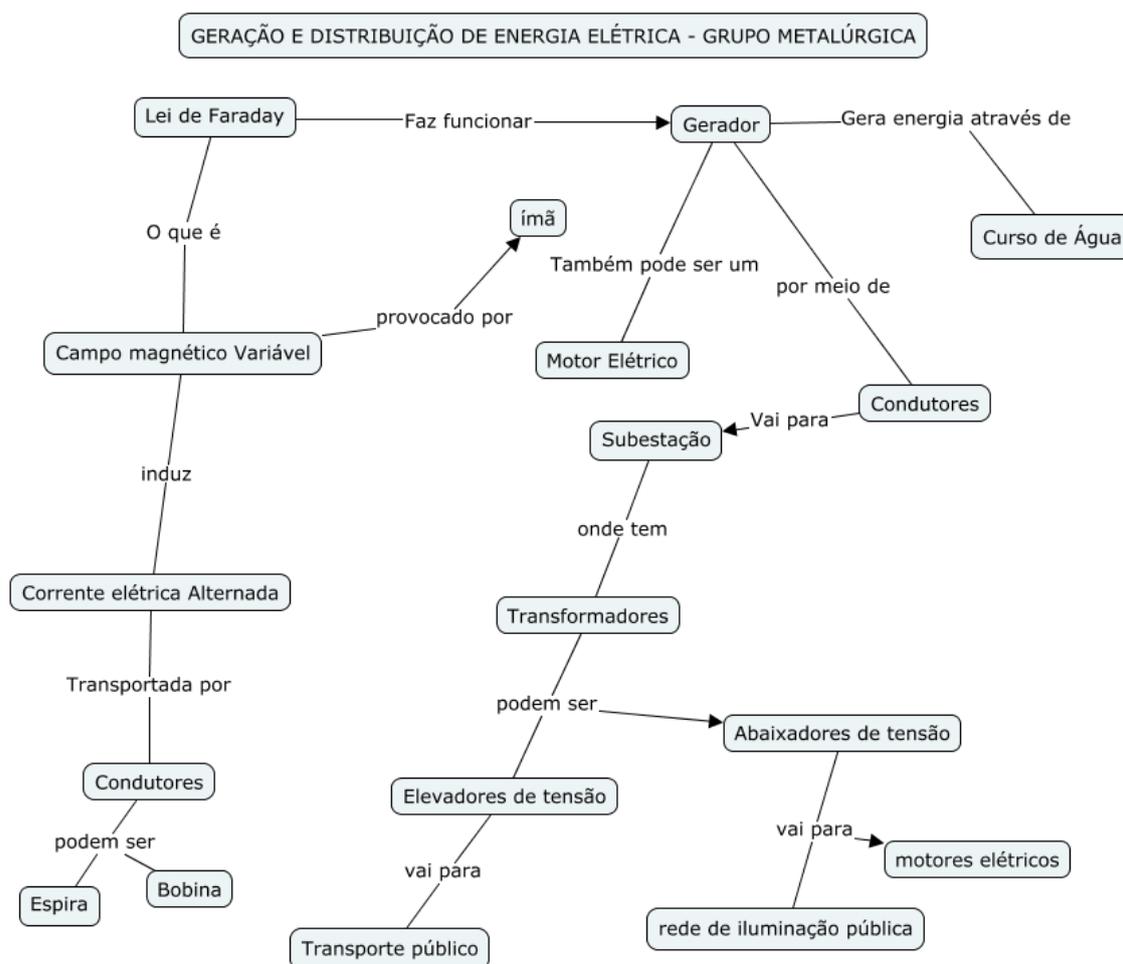
Na última aula de execução da proposta didática, os alunos divididos nos mesmos grupos confeccionaram mapas conceituais com o tema “geração e transporte de energia elétrica”. O objetivo desta atividade foi ter um objeto de avaliação que seja dinâmico e mostrasse o significado do conhecimento para o aluno (MOREIRA, 2012).

A análise dos mapas conceituais confeccionados levou em consideração a representação feita no papel e também à explicação dos autores sobre as ligações estabelecidas, conforme afirma Moreira (2012, p. 8).

[...] mapas conceituais são instrumentos diferentes e que não faz muito sentido querer avaliá-los como se avalia um teste de escolha múltipla ou um problema numérico. A análise de mapas conceituais é essencialmente qualitativa. O professor, ao invés de preocupar-se em atribuir um escore ao mapa traçado pelo aluno, deve procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa. Explicações do aluno, orais ou escritas, em relação a seu mapa facilitam muito a tarefa do professor nesse sentido.

A Figura 49 apresenta o mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela metalúrgica.

Figura 49: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela metalúrgica.



Os alunos do grupo da metalúrgica conseguiram identificar os conceitos mais gerais do tema, como o gerador e a lei de Faraday, colocando no topo do mapa, fazendo as ramificações para os temas mais específicos de forma gradual, mostrando organização nas ideias. Na lateral

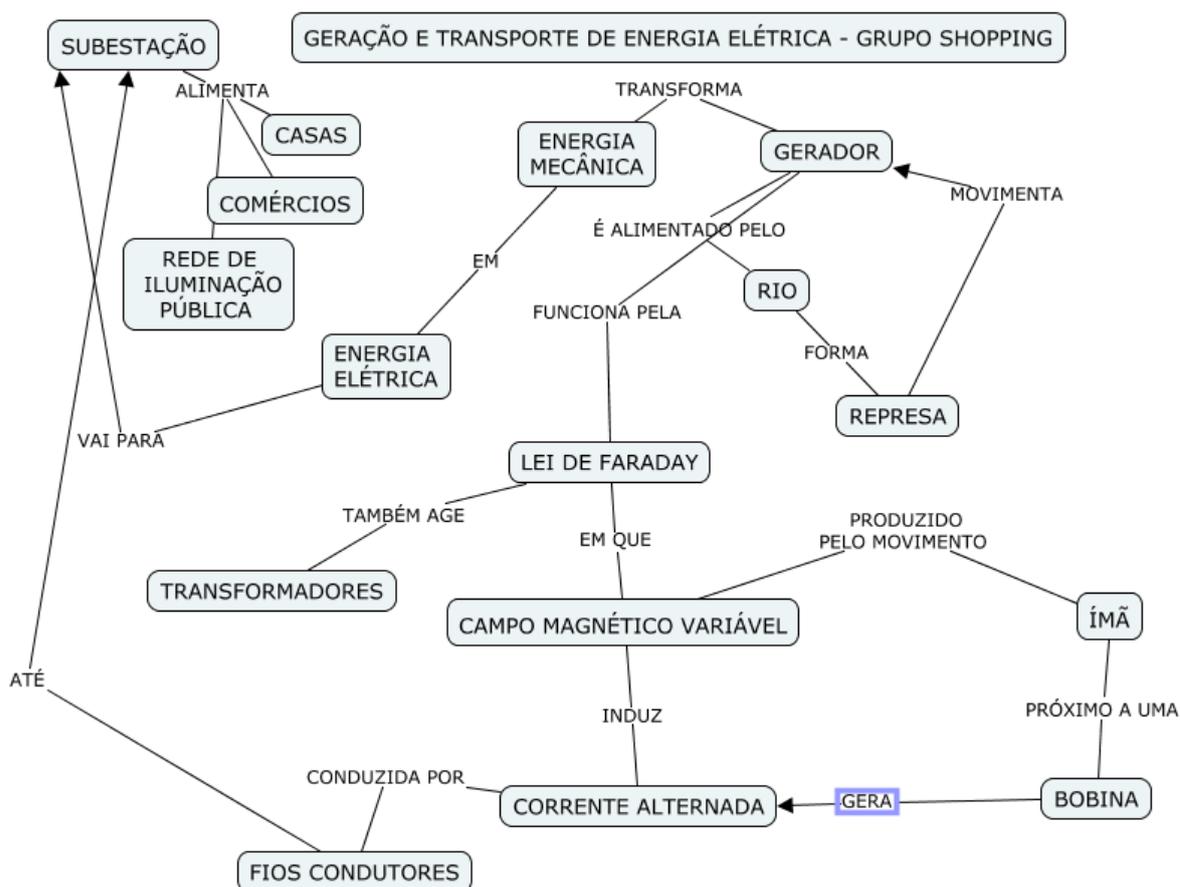
direita do mapa, o grupo cometeu um erro ao relacionar transformadores elevadores de tensão com o transporte público. Porém, durante a explicação do mapa, justificaram esta associação com o transporte público da energia em grandes distâncias e não transporte coletivo de pessoas.

Na lateral esquerda do mapa o grupo estabeleceu relações sobre a lei de Faraday. Percebe-se uma sequência lógica na organização dos conceitos científicos quando afirma, no fim da teia, que a corrente elétrica induzida é transportada por condutores, bobinas ou espiras. Durante a explicação do mapa, o grupo também afirmou que as espiras ou bobinas são feitas de fios condutores, conforme o experimento feito em sala, justificando a associação.

O professor pesquisador explicou ao grupo que a corrente elétrica é induzida nas espiras ou bobinas por um campo magnético variável e transportada através de condutores para sua destinação. O mapa conceitual não foi corrigido neste ponto pelo grupo, pois a aula já havia sido encerrada. Para Moreira (1997, p. 6), “na aprendizagem significativa o conhecimento nunca é internalizado pelo aprendiz de forma integral, pois aprender significativamente implica em atribuir significados, que sempre terão componentes pessoais”.

A Figura 50 apresenta o mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pelo shopping.

Figura 50: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pelo shopping



Fonte: do autor.

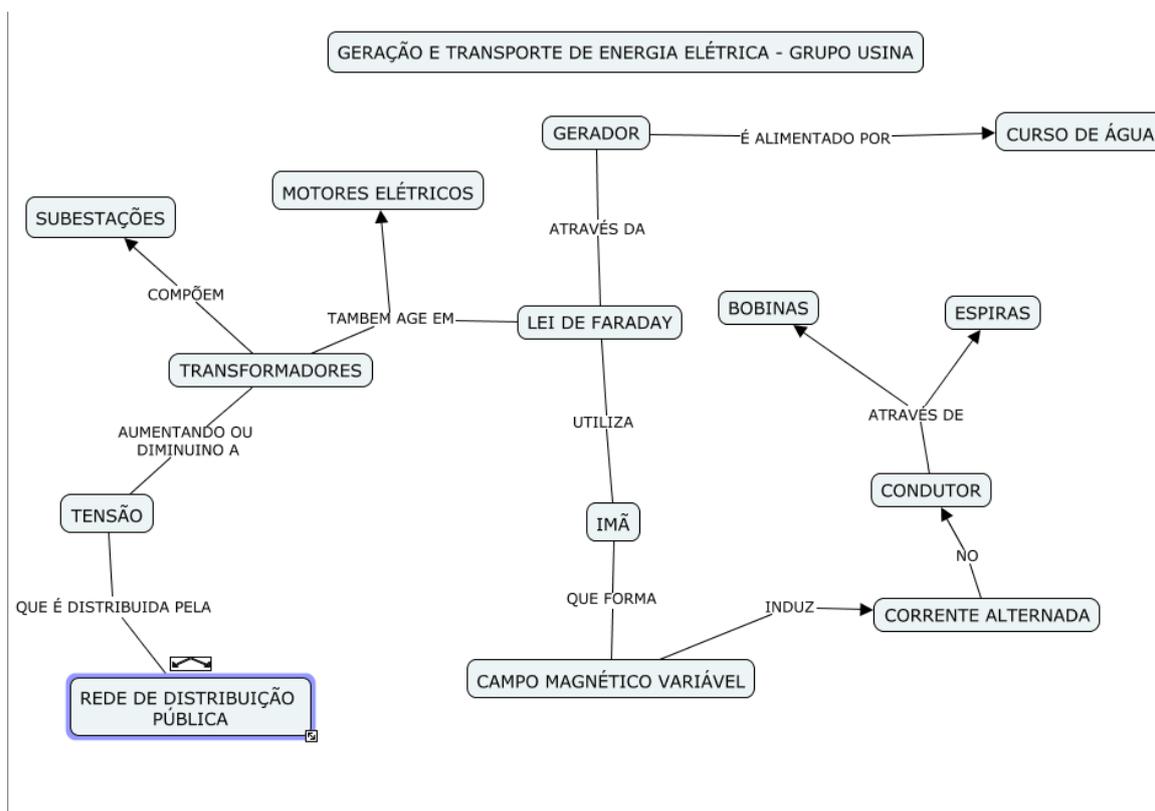
Durante a explicação do mapa, o grupo elegeu como tema principal o gerador, quando organizou os conceitos que promovem o funcionamento de um gerador de uma usina hidrelétrica, como o rio e a represa. Também demonstraram que um gerador funciona transformando a energia mecânica em energia elétrica. Além disso, foi feita a relação do gerador com a lei de Faraday, quando foi explicado que o movimento de um ímã produz campo magnético variável que, quando próximo a uma bobina, induz corrente elétrica alternada nesta. A corrente induzida é transportada por condutores até uma subestação e distribuída para utilização em casas, comércios e rede pública.

A abordagem feita foi simples e objetiva. Porém, estabeleceu ligações corretas entre os conceitos científicos, mesmo não havendo aprofundando em alguns casos como o transformador e a subestação. Moreira (1997) defende que o papel de um mapa conceitual apresentado por um aluno é dar evidências se ele está aprendendo o conteúdo de maneira significativa e não deve ser avaliado como certo ou errado. Desta forma, o mapa apresentado

pelo grupo mostrou indícios de aprendizagem significativa ao demonstrar ligações de conceitos que não foram apresentadas nas etapas mais iniciais da proposta.

A Figura 51 apresenta o mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela usina.

Figura 51: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela usina.



Fonte: o autor

O grupo responsável pela usina, durante a apresentação do mapa para o professor pesquisador, explicou que elegeu como tema central do mapa a lei de Faraday, mostrando em uma ramificação sua definição. Durante a explicação do mapa pelo grupo, o professor pesquisador chamou a atenção para a relação estabelecida entre a corrente alternada induzida e o condutor. O aluno A20 esclareceu que se tratava do material condutor que compõe a bobina.

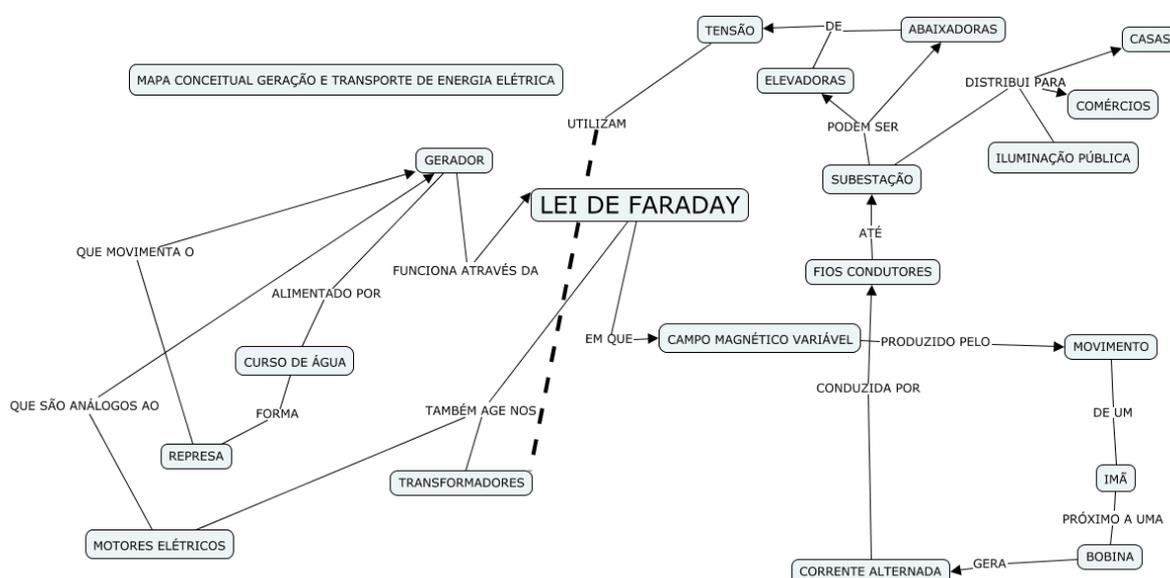
O gerador foi apresentado como aplicação da lei de Faraday, em que seu funcionamento depende de um curso de água. Esta lei também foi atribuída ao funcionamento dos motores elétricos de indução e dos transformadores, estes que aumentam ou diminuem a tensão afim de tornar viável a distribuição de energia elétrica na rede pública. O grupo não entrou em detalhes acerca do funcionamento da subestação no mapa. Porém, durante a explicação, mencionou que os transformadores são responsáveis pelas modulações de tensão ocorridas nas subestações, mas sem mencionar a finalidade das modulações.

A aquisição dos novos conceitos e seus significados pelos alunos ocorreu em diferentes velocidades, obedecendo uma progressão própria e individual. Neste sentido Moreira (2013, p. 11) afirma:

A ocorrência da aprendizagem significativa não é abrupta, a captação e internalização de significados é progressiva, depende de “negociação” de significados. É normal que os conhecimentos prévios do aluno sejam diferentes, e até mesmo antagônicos, em relação aos significados aceitos no contexto da matéria de ensino. Daí a necessidade de “negociar” significados. O aluno não troca seus significados simplesmente porque lhe são apresentados significados “corretos”. Essa troca, quando ocorre, é progressiva.

A Figura 52 apresenta o mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela igreja⁵.

Figura 52: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela igreja.



Fonte: do autor.

Durante a apresentação do seu mapa conceitual, o grupo responsável pela igreja adotou a lei de Faraday como conceito central, relacionando-a com a produção de energia elétrica no gerador, o transporte no transformador e a utilização no motor elétrico, salientando ser possível, em alguns casos, utilizar motores elétricos como geradores.

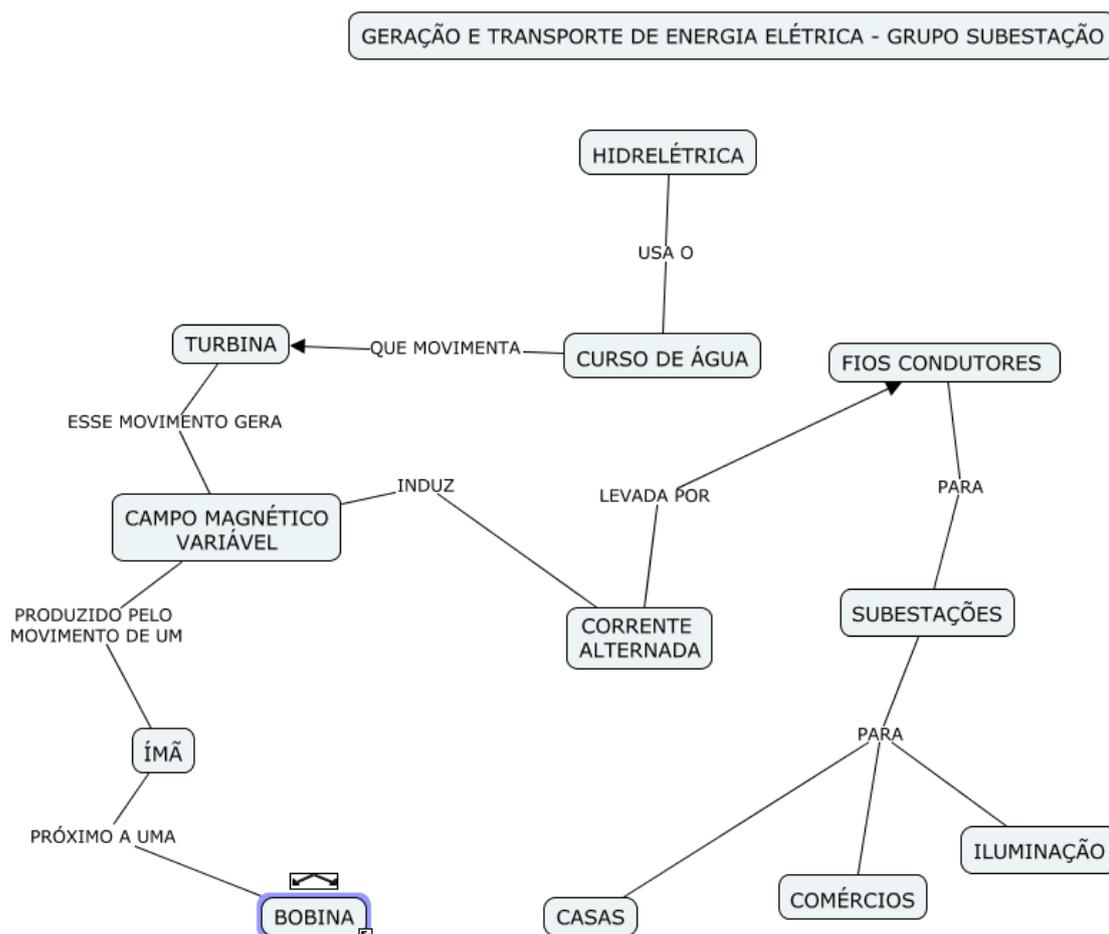
A abordagem do ciclo de produção de energia elétrica pelo grupo foi feita de forma objetiva, utilizando-se de conceitos científicos e relações adequadas entre eles, explicitadas

⁵ O grupo responsável pela igreja produziu o mapa conceitual em sala de aula junto com os demais grupos, porém por utilizar-se de grafia muito pequena e de coloração clara, devido o uso do lápis, o mapa confeccionado não ficou legível após digitalização. O professor pesquisador reproduziu o mapa em uma imagem digital para possibilitar a análise.

durante a apresentação do mapa, além de apresentar boa quantidade de associações entre os conceitos abordados. “O estabelecimento de ideias, conceitos, proposições e relações entre eles fazem parte do processo da aprendizagem significativa” (MOREIRA, 2003, p. 17).

A Figura 53 apresenta o mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela igreja.

Figura 53: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela subestação.



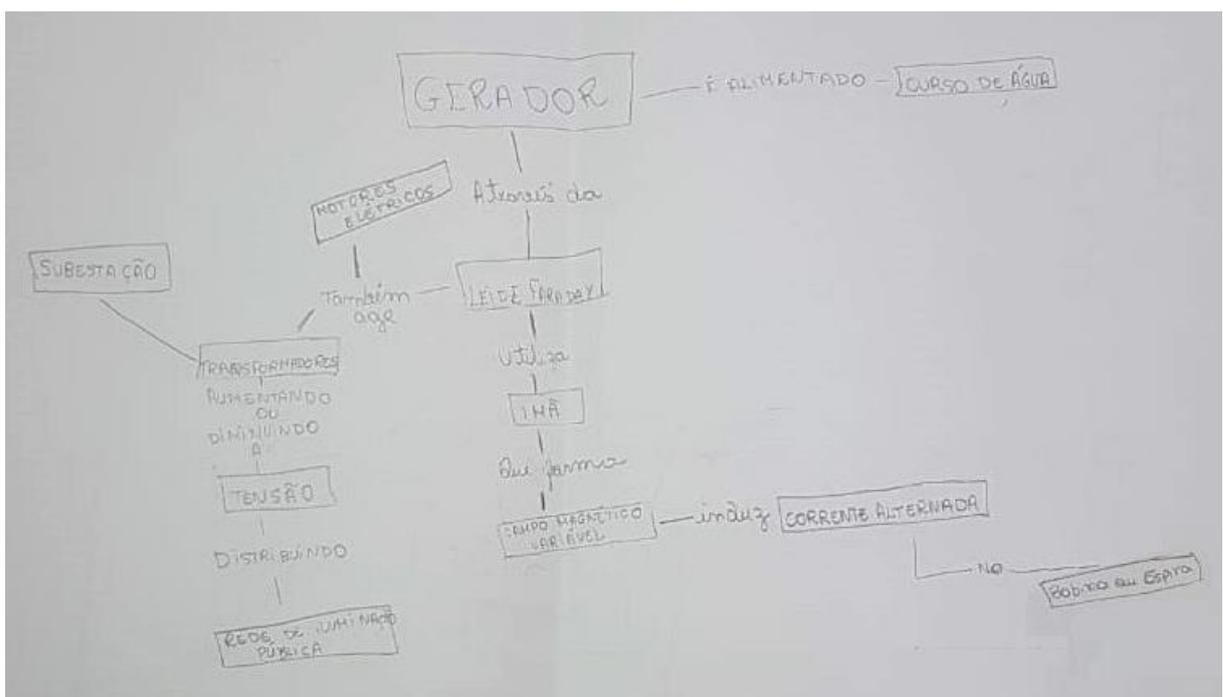
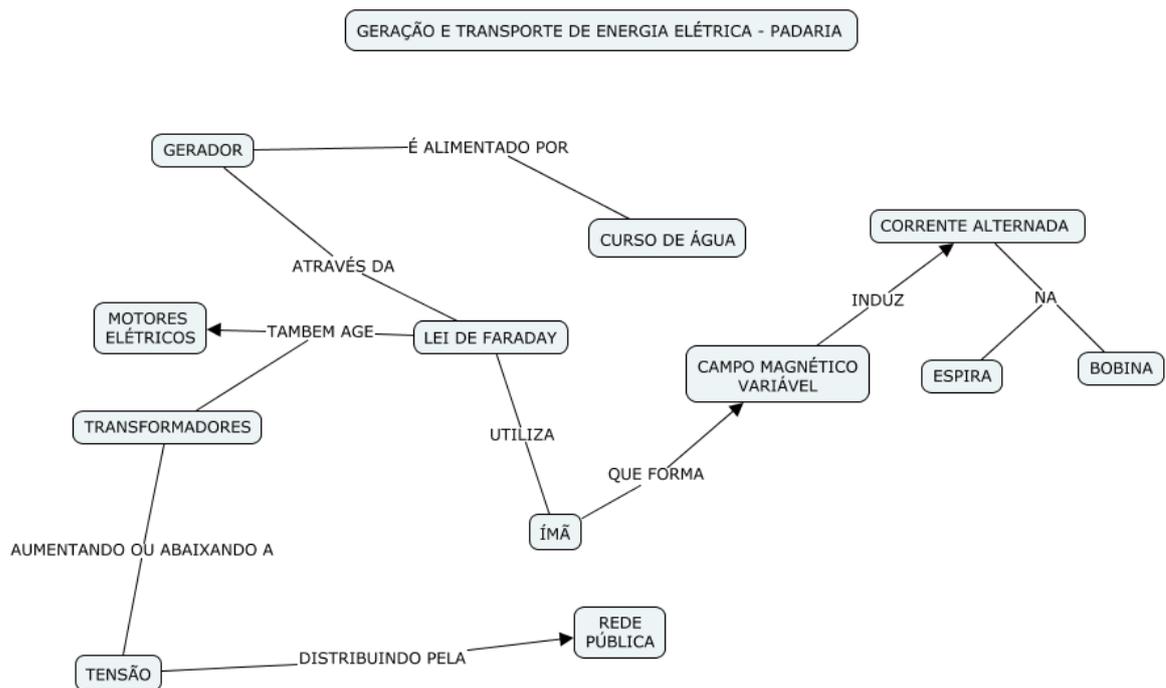
Fonte: do autor.

O grupo, ao apresentar o mapa, justificou a utilização da hidrelétrica como conceito principal, pois é o tipo de usina que mais produz energia elétrica no Brasil e construiu o mapa a partir de seu funcionamento. Durante a apresentação, foi mostrado o fenômeno de indução relacionando apenas com a turbina da hidrelétrica, porém sem citar a lei de Faraday. Conceitos científicos importantes como motor elétrico de indução e transformador não foram abordados pelo grupo. O mapa conceitual do grupo ficou simplificado em apresentação e estabelecimento de relações entre os conceitos científicos. Porém, apresentou indícios de aprendizagem

significativa pois relacionou conceitos cotidianos (conhecimentos prévios) com conceitos científicos, abordados em sala de aula (MOREIRA, 2003), tendo como exemplo a relação da rotação das turbinas de uma hidrelétrica (conceito cotidiano) com a indução eletromagnética.

A Figura 54 apresenta o mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela padaria.

Figura 54: Mapa conceitual confeccionado pelo grupo responsável pela padaria.



Fonte: do autor.

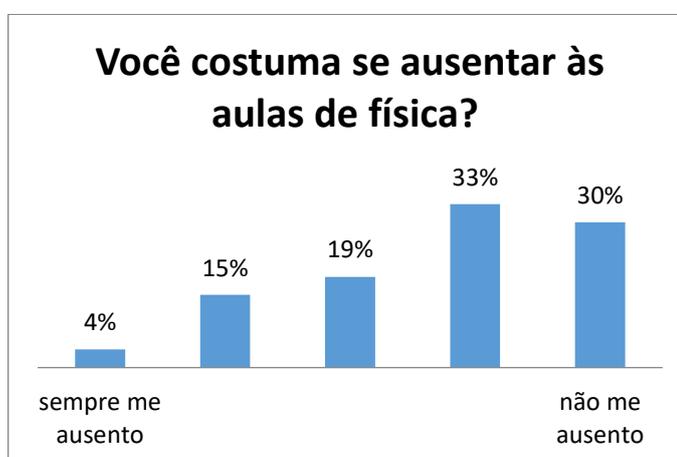
A apresentação do mapa pelo grupo iniciou relacionando os conceitos que definem a indução eletromagnética na lei de Faraday, contudo encerrou a descrição do fenômeno na corrente elétrica induzida em uma espira. Posteriormente, o grupo associou a lei com o gerador da usina hidrelétrica, por ser movido por um curso de água. Também relacionou a indução com o funcionamento do motor elétrico de indução. O transformador também foi associado à lei de Faraday e empregado na distribuição de energia elétrica fazendo modulação da tensão.

O grupo fez uso de conceitos científicos não demonstrados nas etapas anteriores, estabelecendo poucas ligações entre estes conceitos, todavia, demonstrou uma sequência coerente durante a apresentação. Dessa forma, entendeu-se que o aluno “demonstrou indícios de aprendizagem, pois, por meio da organização conceitual de seu mapa, bem como a explicação do mesmo, o aprendiz conseguiu atribuir significado ao dado conhecimento” (MOREIRA, 2012, p. 5).

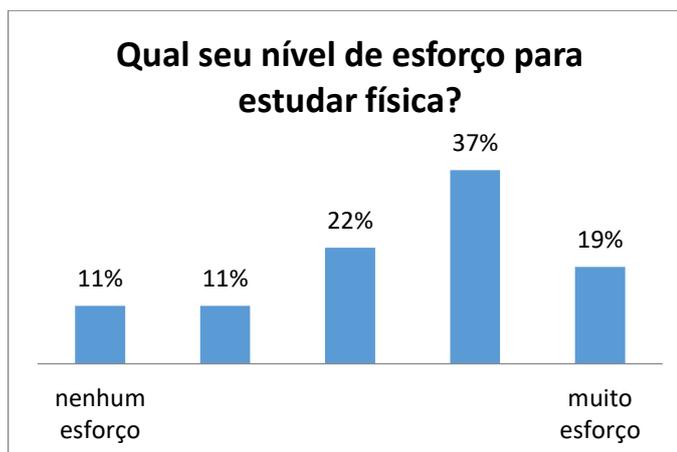
Ao final da aplicação da proposta foi disponibilizado um endereço eletrônico, para os alunos participantes responderem a um questionário composto por onze questões fechadas, com intuito de avaliar a sequência didática. As Figuras 55 a 65 trazem os resultados obtidos na aplicação do questionário de avaliação.

Os resultados obtidos com as perguntas referentes ao nível de esforço empregado para estudar física e a frequência nas aulas são apresentados nas figuras 55 e 56, a taxa de alunos que alegou baixa frequência nas aulas foi de 19%, bem superior à ausência de 5% registrada na aplicação da proposta. Em relação ao nível de esforço empregados no estudo de física, 56% dos alunos afirmaram se esforçar.

Figura 55: Costuma se ausentar às aulas de física?

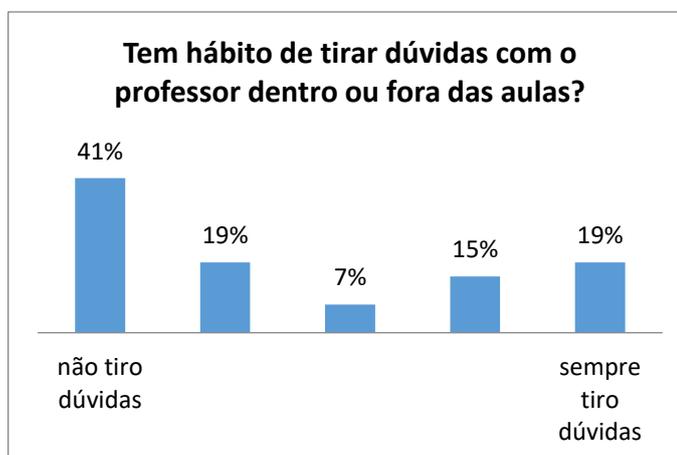


Fonte: do autor.

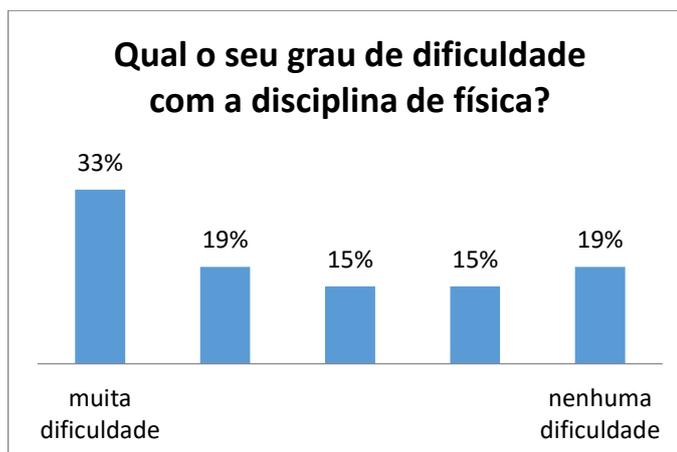
Figura 56: Qual seu nível de esforço para estudar física?

Fonte: do autor.

As figuras 57 e 58 tratam da dificuldade percebida pelo aluno, no estudo da disciplina e o hábito de tirar dúvidas com o professor dentro ou fora dos momentos de aula. A taxa de alunos que alegaram dificuldade com a disciplina foi de 52%, enquanto 60% afirmou quase não tirar dúvidas com o professor. Diante disto, é possível que a falta de interação dos alunos com o professor seja uma das causas da dificuldade encontrada por eles no estudo da disciplina.

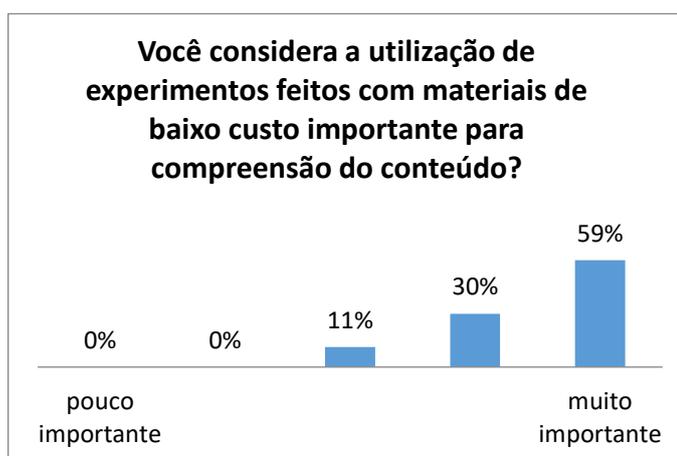
Figura 57: Tem hábito de tirar dúvidas com o professor dentro ou fora das aulas?

Fonte: do autor.

Figura 58: Qual o seu grau de dificuldade com a disciplina de física?

Fonte: do autor.

A avaliação dos métodos de ensino utilizados neste trabalho tem seus resultados apresentados nas Figuras 59 a 61. Os experimentos de baixo custo aplicados foram interpretados por 89% dos alunos como importantes na compreensão do conteúdo abordado. A utilização do Estudo de Caso, tratando de um tema presente no cotidiano escolar tornou as aulas mais interessantes para 70% dos estudantes. Dos discentes participantes, 78% consideraram o emprego da maquete simulando a cidade com os problemas descritos no estudo de caso, importante para melhor compreensão do conteúdo abordado. Os resultados obtidos ratificam positivamente, a escolha dos métodos e a forma que foram conduzidos pelo professor pesquisador.

Figura 59: Você considera a utilização de experimentos feitos com materiais de baixo custo importante para compreensão do conteúdo?

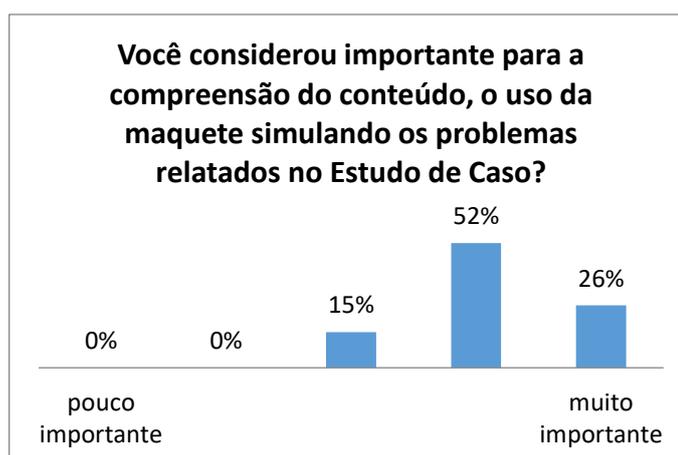
Fonte: do autor.

Figura 60: A resolução de um caso baseado em fatos vividos na escola tornaram as aulas mais interessantes?



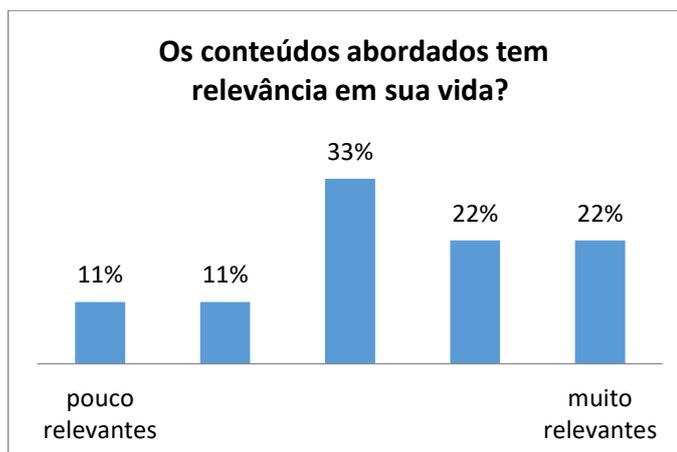
Fonte: do autor.

Figura 61: Você considerou importante para a compreensão do conteúdo, o uso da maquete simulando os problemas relacionados no Estudo de Caso?



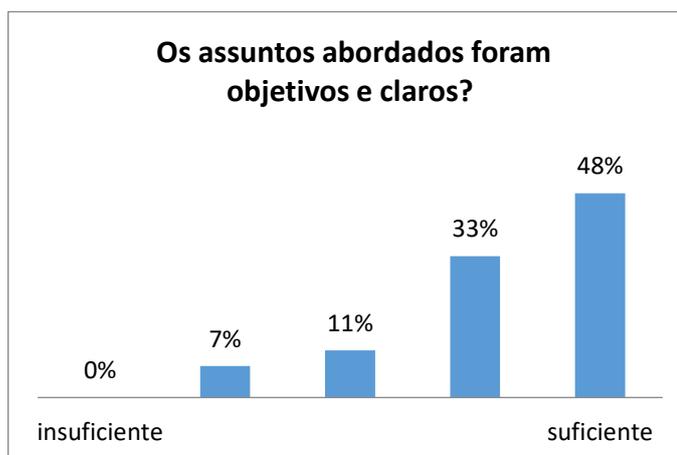
Fonte: do autor.

No tangível a relevância dos assuntos abordados na vida cotidiana do aluno, os resultados apresentados na Figura 62 se mostraram positivos, visto que 44% dos participantes classificaram como relevantes e 22% como pouco relevantes. Todavia o número de alunos que mostraram neutralidade a essa questão foi expressivo, 33%, motivando assim, numa próxima aplicação reconsiderar alguns pontos.

Figura 62: Os conteúdos abordados tem relevância em sua vida?

Fonte: do autor.

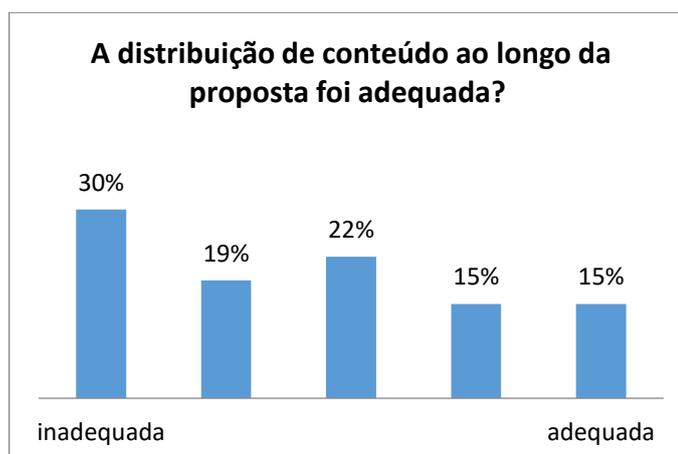
Os resultados adquiridos relativos à clareza e objetividade da abordagem dos conteúdos abordados estão apresentados na Figura 63, tendo um resultado afirmativo, em que 81% dos alunos consideraram a abordagem suficientemente objetiva e clara.

Figura 63: Os assuntos abordados foram objetivos e claros?

Fonte: do autor.

Os alunos foram inquiridos sobre a adequação da distribuição do conteúdo abordado no decorrer da aplicação da proposta didática. A Figura 64 mostra que apenas 30% consideraram adequada, 22% apresentaram opinião neutra e 49% consideraram a distribuição inadequada. Presume-se que essa opinião negativa tão alta ocorreu devido ao acúmulo de atividades avaliativas na última aula da proposta, que ocorreu bem próximo do término do ano letivo.

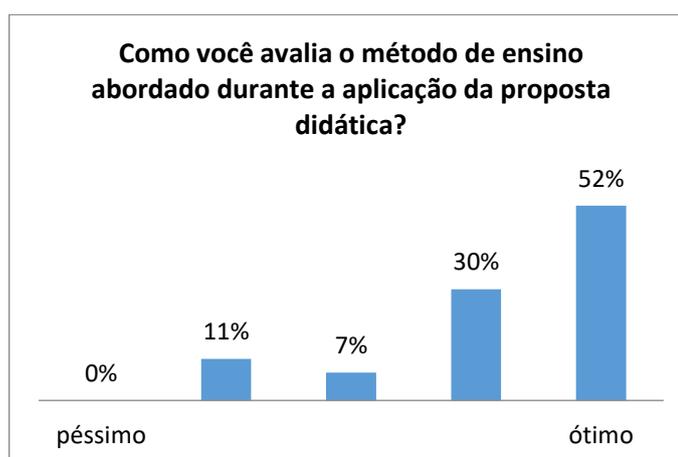
Figura 64: A distribuição de conteúdo ao longo da proposta foi adequada?



Fonte: do autor.

Na Figura 65 é possível notar uma sinalização favorável dos alunos em relação ao método utilizado na aplicação da proposta, com 82% dos participantes aprovando sua prática.

Figura 65: Como você avalia o método de ensino abordado durante a aplicação da proposta didática?



Fonte: do autor.

Ao considerar os resultados expostos pelo questionário de avaliação da proposta, pode-se constatar uma postura favorável dos alunos à utilização dos experimentos, bem como da maquete e do Estudo de Caso, que corrobora a escolha destes para composição da proposta. É igualmente importante notar o aumento de participação dos alunos nas aulas e maior frequência em relação ao restante do ano letivo. Aumentar o nível de relevância dos conteúdos abordados para os alunos, é um desafio para uma próxima aplicação, bem como distribuir as atividades avaliativas no decorrer dela.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante a prática docente foi notado o crescente desinteresse dos alunos por temas mais abstratos da física. Os estudantes justificam tais ações pelo não entendimento do conteúdo e a inaplicabilidade na vida cotidiana. Algumas tentativas foram executadas na intenção de trazer aos alunos as possibilidades que o estudo da física pode proporcionar, contudo, sem muito sucesso por se tratarem de ações isoladas atreladas ao método de ensino tradicional, atingindo resultados momentâneos e rapidamente retornando à situação anterior de desinteresse.

Este contexto causou a inquietação de estudar novas alternativas para o ensino de física que pudessem alcançar resultados positivos no processo de aprendizagem. O Mestrado Nacional em Ensino de Física oportunizou o acesso a novos métodos de ensino, e possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa, de forma específica na realidade da turma 3m01 da Escola estadual de Ensino Médio “Primo Bitti” localizada no bairro Coqueiral, na cidade de Aracruz, no Espírito Santo.

O presente trabalho teve como objetivo a descrição e análise das contribuições de uma proposta didática baseada no método do ensino Estudo de Caso, apoiada pela teoria de aprendizagem de Vygotsky e experimentos de baixo custo, na intenção de desenvolver um produto educacional que possibilitasse a aplicação por outros professores, em situação semelhante.

Baseando-se nos resultados obtidos com análise da aplicação dos instrumentos avaliativos, pesquisa de campo e escrita desta dissertação, objetiva-se nortear trabalhos futuros com propostas adjacentes.

A realização das tarefas ocorreu no decorrer da aplicação da proposta didática, seguindo a etapas de coleta de concepções prévias, aprofundamento dos conceitos e nova resolução do questionário que compõe o Estudo de Caso. A condução do tema foi norteadada pelos pressupostos teóricos de Vygotsky de interação social mediada e a progressão da proposta foi balizada pelo conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal.

Os experimentos com materiais de baixo e a utilização diária da maquete, cumpriram papel motivador no desenvolvimento do trabalho, recebendo diversos elogios dos alunos e colegas de trabalho. Os resultados positivos puderam ser confirmados ao analisar o aumento do cumprimento das atividades propostas e a frequência nas aulas de física, em relação ao restante do ano. A intenção deste material em buscar significado na realidade do aluno para justificar o

estudo de determinados conteúdos mostrou-se exitosa, pois provocou interação, debates e perguntas interessantes feitas entre os alunos e também para o professor pesquisador.

A turma reagiu de maneira positiva ao método do Estudo de caso, que estruturou esta proposta didática, mostrando sempre interesse no conteúdo abordado em sala de aula de forma expositiva, apresentações de pesquisa pelos colegas, experimentações e demonstrações com a maquete. Em vários momentos surgiram perguntas relativas ao questionário inicial do EC, durante a etapa de aprofundamento de conhecimento, demonstrando empenho dos alunos em construir melhores respostas na etapa de retomada do método.

A lista de exercícios formais aplicada aos alunos com auxílio do professor pesquisador na solução das dúvidas pontuais, obteve resultados satisfatórios com todos os estudantes presentes entregando a lista respondida até o término da aula e índice de acertos de 70%.

O questionário de avaliação da proposta chamou a atenção ao mostrar a boa recepção dos alunos a respeito da proposta, porém levantou um ponto de atenção em relação a relevância dos temas tratados para a vida cotidiana. Sendo assim, se faz necessário um estudo anterior mais abrangente da turma participante, que foi impossibilitado desta feita, em razão da troca de local de trabalho do professor pesquisador, o que impossibilitou este estudo.

Durante o período de desenvolvimento desta pesquisa e considerando a análise dos dados obtidos, alguns pontos de atenção foram levantados, que, ao serem melhorados podem trazer ganhos nos resultados da aplicação da proposta didática em trabalhos futuros. São eles:

- Fazer um estudo prévio da turma de aplicação, a fim de conhecer melhor o perfil dos alunos e adaptar exemplos e propostas ao cotidiano da turma de forma mais específica, com o objetivo conhecer o nível de desenvolvimento da turma e propor desafios mais adequados a este.
- Trabalhar nas aulas expositivas questões resolvidas de caráter conceitual, com o objetivo de desenvolver habilidade analítica no aluno.

De forma geral, ao considerar os resultados obtidos após as análises das respostas fornecidas às questões do questionário de coleta de concepções prévias, Estudo de Caso, mapa conceitual, lista de exercícios e avaliação da proposta; somando-se às percepções obtidas pelo professor pesquisador durante as aulas expositivas, uso da maquete, apresentações de trabalhos em grupo e experimentos, pode-se dizer que o produto educacional contribuiu de forma significativa na aprendizagem dos conceitos de magnetismo e indução eletromagnética, dos

alunos da turma 3m01 da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Primo Bitti” no ano de 2018.

7 REFERÊNCIAS

- BARBERÁ, O.; VALDÉS, P. *El trabajo práctico em la enseñanza de las ciencias: una revision*, Investigación y Experiencias Didácticas, 1996.
- BONJORNO, J. R. et AL., Física: eletromagnetismo, física moderna, 3º ano. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BORGES, A. T. **Novos rumos para o Laboratório escolar de ciências**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, volume 19, número 3, p. 291 – 313, 2002.
- BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília : MEC 1999.
- CAVALCANTI, Lana de Souza. Cotidiano, mediação pedagógica e formação de conceitos: Uma contribuição de Vygotsky ao ensino de Geografia. *Cad. Cedes*, Campinas, vol. 25, n. 66, p. 185-207, maio/ago. 2005
- COELHO, L.; PISONI, S. **Vygotsky: Sua Teoria e a Influencia na Educação**. Revista e – Ped – FACOS/CNEC Osório Vol.2 – Nº1 – AGO/2012 – ISSN2237-7077, 2012. Disponível em < http://facos.edu.br/publicacoes/revistas/e-ped/agosto_2012/pdf/vygotsky_-_sua_teorja_e_a_influencia_na_educacao.pdf > . Acesso em 27 de Julho de 2017.
- DEUS, A. M. de; CUNHA, D. E. S. L.; MACIEL, E. M. **Estudo de Caso na Pesquisa Qualitativa em Educação: Uma Metodologia**, 2010. Disponível em <http://leg.ufpi.br/subsiteFiles/ppged/arquivos/files/VI.encontro.2010/GT.1/GT_01_14.pdf> . Acesso em 28 de julho de 2017.
- ESPÍRITO SANTO. Secretaria da Educação, *Currículo Básico Escola Estadual*, Vitória : SEDU, 2009. Disponível em < [http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_\(FINAL\).pdf](http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_(FINAL).pdf) >. Acesso em 14 de maio de 2018.
- FREITAS, W. R. S.; JABBOUR, C. J. C. **Utilizando Estudos de Casos como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões**, Estudo & Debate, Lajeado, v.18, n.2, p. 7-22, 2011.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**, Volume 3: eletromagnetismo. 6. Ed. Rio de Janeiro, LTC, 2003.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da Física**, Volume 3: eletromagnetismo. 9. Ed. Rio de Janeiro, LTC, 2012.
- HERREID, C. F. **Sorting potatoes for Miss Bonner: Bringing order to case-study methodology through a classification scheme**. *Journal of College Science Teaching* 27: 236-239, 1998.

HODSON, D. *Hacia um enfoque más crítico del trabajo de laboratório*, Investigación y Experiencias Didácticas, 1994.

IVIC, I. **Lev Semionovich Vygotsky**, Editora Massangana, 2010.

LABURÚ, C. E. **Fundamentos para um experimento cativante**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, volume 23, número 3, p. 382-404, 2006.

LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. d.; BARROS, M. A. **Laboratório caseiro – pára – raios: Um experimento simples e de baixo custo para a eletrostática**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, volume 25, número 1, p. 168–182, 2008.

LINHARES, M. P.; REIS, E. M. **Estudos de caso como estratégia de ensino na formação de professores de física**. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 14, n. 3, p. 555-574, 2008.

LOPES, M. R. de O.; FERREIRA, T. L.; CARMO, G. T. do; LINHARES, M. P. **Estudo de Caso no Ensino de Física para o ProEJA: o caso do coletor solar**. II CONEDU, Congresso Nacional de Educação, 2015. Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV056_MD1_SA18_ID_13172_19082016140905.pdf. Acesso em 14 de maio de 2018.

LUCKESI, C. C. **Avaliação da Aprendizagem Escolar**. São Paulo: Cortez, 1999.

MOREIRA, M. A.. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador no Ensino de Ciências: Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo**, Instituto de Física – UFRGS, 2009.

MOREIRA, M. A.. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**, Instituto de Física – UFRGS, 1997.

MOREIRA, M. A.. **Textos de apoio ao professor de física, Aprendizagem Significativa em Mapas Conceituais**, Instituto de Física – UFRGS, 2013.

MOREIRA, M. A.; BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: osmapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

MOREIRA, M. L. B. **Experimentos de baixo custo no ensino de Mecânica para o Ensino Médio**, Sociedade Brasileira de Física, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2015.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a Aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**, Volume 3, 1ª edição, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, M. VYGOTSKY, **Aprendizado e Desenvolvimento**, Um Processo Sócio - Histórico. Editora Scipione, 1997.

OLIVEIRA, Munich Ribeiro. **O uso de Estudo de Caso para aprender Física no Proeja: um experimento metodológico com base em Paulo Freire e Vygotsky**. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2016.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. **Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971 – 2006)**, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Volume 9, Número 1, 2009.

QUEIROZ, S. L. **Estudos De Casos Aplicados Ao Ensino De Ciências Da Natureza: Ensino Médio**, ISBN 978-85-99697-49-8, 2015. Disponível em <http://www.gpeqsc.com.br/sobre/manuais/natureza_estudo_casos.pdf>. Acesso em 28 de Julho de 2017.

REGINALDO, C. C.; SHEID, J. N.; GÜLLICH, R. I. C. **O Ensino de Ciências e a Experimentação**, IX ANPED Sul – Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.

ROCHA, J. F. M. **Origens e evolução das ideias da física**, EDUFBA, 2011.

Rodríguez, G. G., Flores, J. G., & Jiménez, E. G. **Metodología de la investigación cualitativa**. Málaga: Ediciones Aljibe, 1999.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. **Estudos de Caso em Química**, Quim. Nova, Vol.30, No. 3, 731-739, 2007.

SÁ, L.P.; KASSEBOEHMER, A.C.; QUEIROZ, S.L. **Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicação no ensino superior de química**. Educación Química 24 (2): 524, 2013.

Disponível em: <

<http://www.educacionquimica.info/include/downloadfile.php?pdf=pdf1450.pdf> >. Acesso em 15 de maio de 2018.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de Casos no Ensino de Química**. Campinas: Átomo, 2009. P.106.

SILVA, L. H. A.; ZANON, L. B. **A Experimentação no Ensino de Ciências, Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**, CAPES/UNIMEP, 2000.

SILVA, O. B. da; OLIVEIRA, J. R. S. de; QUEIROZ, S. L. **SOS Mogi-Guaçu: Contribuições de um Estudo de Caso para a Educação de Química no Nível Médio**. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 33, p. 185-192, 2011.

STINNER, A.; MCMILLAN, B.; DON M.; JILEK, J.; KLASSE, S. **The Renewal of Case Studies in Science Education**. *Science & Education (Dordrecht)*, 12, 7, 617-643, 2003. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/vrv362lwp211x211/fulltext.pdf>>.

VASCONCELLOS, J. L. C. **Representações mentais: uma abordagem cognitivista**. SAÚDE MENTAL EM FOCO DO CESUCA - ISSN 2316-3674, [S.l.], v. 1, n. 1, ago. 2012. ISSN 2316-3674. Disponível em: <<http://ojs.cesuca.edu.br/index.php/saudementalemfoco/article/view/19>>. Acesso em: 29 de julho de 2017.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Organizado por Michel Cole et all. Tradução José Cipolla Neto; Luiz Silveira Menna Barreto; Solange Castro Afeche. 6 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998, 2003.

VYGOTSKY, L.S. et al. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone; EDUSP, 1988.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: ARTMED, 2010.

ZIMMERMANN, L. **A importância dos laboratórios de Ciências para os alunos da terceira série do ensino fundamental**, / Licia Zimmermann; orient. Vicente Hillebrand, Porto Alegre, PUCRS, 2004.

APÊNDICES

8 APÊNDICE I



Professora Lúcia é diretora da Escola Estadual Primo Bitti, em Aracruz ES, e no final do ano de 2017 começou a ter problemas com falta de energia na escola, o problema era recorrente, e sempre acontecia por volta de três e meia da tarde, que nesta época do ano é sempre bem quente.

Após alguns dias, ligou para a concessionária de energia EDP Escelsa para saber se havia algum problema e foi informada que estava tudo normal na rede de distribuição do seu bairro, e que precisava verificar as instalações internas da escola, porém tinha sido feito uma reforma no sistema elétrico, pois a escola recebeu aparelhos de ar condicionado para as salas de aula e deixou tudo conforme recomenda a norma.

Para comunicar o problema à comunidade escolar, a professora marcou uma reunião envolvendo os responsáveis pelos alunos, lideranças comunitárias e representantes da prefeitura, para comunicar que as quedas de energia podiam prejudicar o andamento das aulas, além de estragar equipamentos elétricos e estragar alimentos que precisem de refrigeração.

O senhor Jackson, pai de um dos alunos da turma e engenheiro eletricista da fábrica de sorvetes “Casção”, que fica ao lado da escola, recebeu o bilhete através do filho e se propôs a auxiliar a diretora para desvendar o problema:

— Boa tarde, professora Lúcia, me chamo Jackson, meu filho estuda aqui e trabalho na fábrica de sorvetes ao lado, gostaria de entender um pouco melhor o problema com a energia.

— Boa tarde, Jackson, acontece que instalamos os aparelhos de ar condicionado nas salas de aula no recesso de julho, quando os alunos voltaram do recesso estava tudo

funcionando bem, porém desde novembro as coisas mudaram, e temos varias quedas de energia, e às vezes precisamos suspender as aulas pois ficamos sem iluminação. O curioso é que quando temos um dia mais fresco isso não acontece.

— Entendi, professora! O problema então é intermitente e piora em dias mais quentes. Vou pesquisar o que pode estar acontecendo e lhe retorno.

— Exatamente, Jackson! Por favor faça isso, será de grande ajuda!

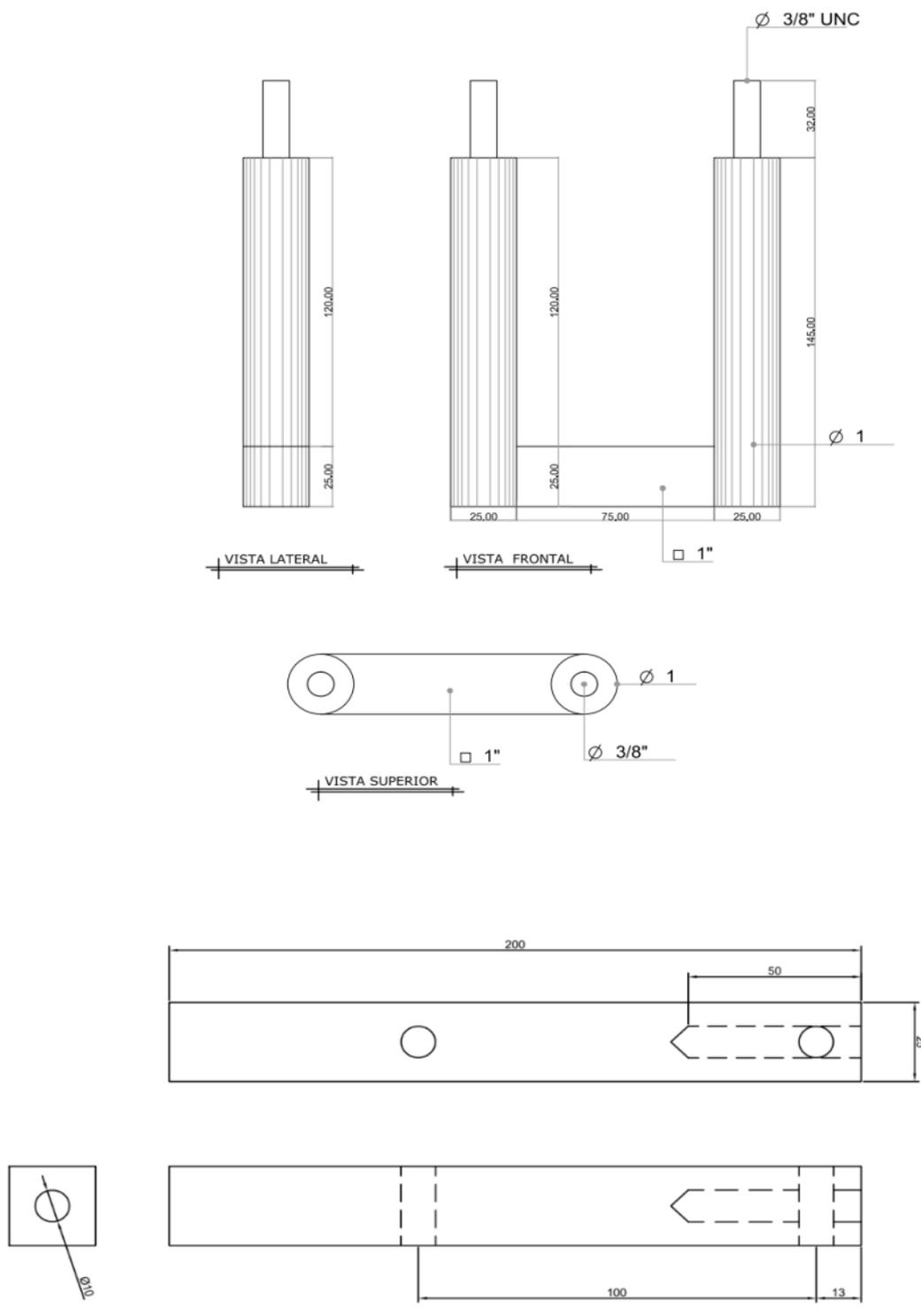
Questionário

1. Suponham que vocês sejam o senhor Jackson, o que considerariam como causa das quedas de energia na escola? Justifique.
2. Você considera alguma relação dos problemas de energia elétrica na escola com os estabelecimentos próximos?
3. No estabelecimento representado por seu grupo, quais seriam os equipamentos que mais consomem energia? Por quais motivos?
4. Quais medidas poderiam ser adotadas para diminuir o consumo de energia elétrica em seu estabelecimento?
5. Que providencias podem ser tomadas para evitar as quedas de energia na escola?
6. Discuta acerca de alguns problemas que podem ocorrer em decorrência de quedas de tensão na rede de energia elétrica.

9 APÊNDICE II

Seque abaixo o esquema do desenho técnico para fabricação dos itens 1 e 15, do kit experimental.

Figura 66: Desenho técnico dos itens 16 e 1 do kit experimental.



Apêndice III

Experimento “Linhas de Campo” com a garrafa magnética.

Esta etapa experimental busca demonstrar as linhas de campo magnético em três dimensões, bem como a interação das partículas magnetizadas.

Para proceder com este experimento será necessário os itens do *kit* descritos abaixo:

- Item 18: óleo de cozinha;
- Item 19: limalha de ferro;
- Item 20: garrafa;
- Item 21: ímãs.

A montagem do experimento segue os passos à seguir;

- Colocar a medida de duas colheres de sopa de limalha de ferro dentro da garrafa;
- Completar o volume da garrafa com óleo de cozinha e tampá-la firmemente.
- Aproximar os ímãs da garrafa e observar a formação das linhas.

Devido à boa sensibilidade ao campo magnético das limalhas suspensas em óleo, pode se solicitar que os alunos aproximem e encostem na garrafa objetos pessoais, como celulares, fones de ouvido, moedas, chaves e outros. Desta forma poderá evidenciar se estes objetos possuem ou não campo magnético, e posteriormente discutir a natureza destes campos.

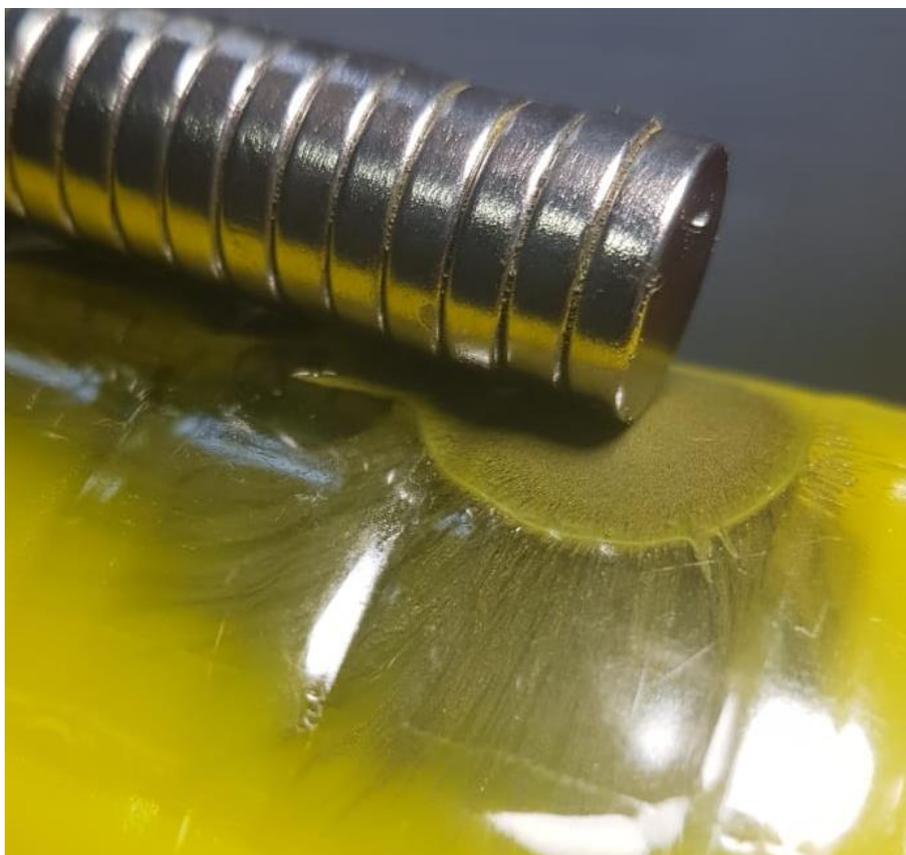
A Figura 67 mostra a garrafa montada antes e depois da exposição ao campo magnético, e na Figura 68 um detalhe das formações das linhas de campo.

Figura 67: Garrafa antes e depois de exposição a campos magnéticos.



Fonte: do autor.

Figura 68: Linhas de campo.



Fonte: do autor.

10 APÊNDICE IV

Experimento “Eletroímã”

O eletroímã é um dispositivo muito utilizado no cotidiano, pois é possível utilizar suas propriedades magnéticas de forma controlada e intermitente, diferente de um ímã natural, que não pode ser desligado e religado novamente. Dentre suas aplicações se destacam o içamento de materiais ferromagnéticos em sucatas e siderúrgicas, chaves elétricas, alarmes, campainhas entre outros.

Itens do kit experimental utilizados no experimento;

- Item 2: Base de madeira;
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;
- Item 11: Bobina com 600 espiras;’
- Item 15: Núcleo de ferro “U”.

Outros materiais necessários;

- Tomada com entrada de 127 ou 220 Volts;
- Peças metálicas (pregos, porcas, parafusos, *clip* para papel, moedas, etc.).

A montagem do experimento segue o diagrama da Figura 69, e os passos a seguir:

- Passar uma das extremidades do núcleo de ferro (16) dentro da bobina (11);
- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal da bobina (11) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);
- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante da bobina com um cabo com garras (9);
- Aproximar pequenos objetos de metal na extremidade do núcleo com a bobina;
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor.

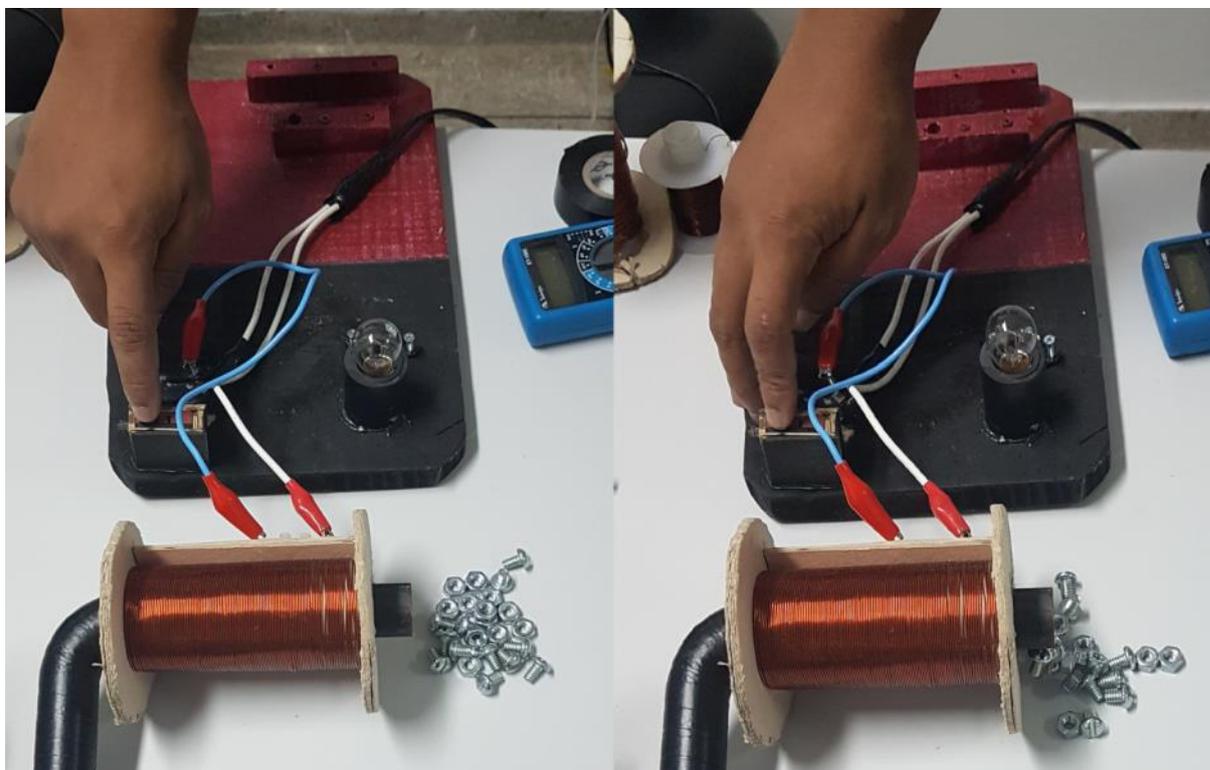
Figura 69: Esquema de montagem do eletroímã.



Fonte: do autor.

Ao final da montagem, o experimento deve ficar conforme a Figura 70: no circuito da esquerda não há passagem de corrente elétrica enquanto no da direita há passagem de corrente.

Figura 70: Funcionamento de um eletroímã.



Fonte: do autor.

11 APÊNDICE V

Experimento “Motor elétrico”

Este experimento demonstra o funcionamento de um motor elétrico retirado de um forno de micro-ondas e os fenômenos físicos envolvidos em seu funcionamento.

Itens do kit experimental utilizados no experimento;

- Item 2: Base de madeira;
- Item 4: motor de prato de forno de micro-ondas
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;

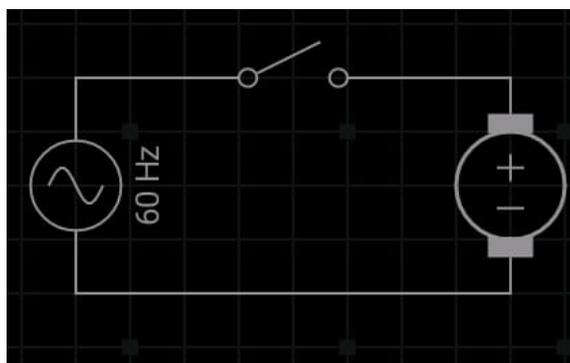
Outros materiais necessários;

- Tomada com 127 ou 220 Volts;
- Fita adesiva ou caneta hidrográfica para facilitar a visualização da rotação.

A montagem do experimento segue o diagrama da Figura 71, e os passos para a sua montagem seguem abaixo:

- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal do motor (4) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);
- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante do motor com um cabo com garras (9);
- Fixar fita adesiva no rotor do motor para marcar a posição de repouso;
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor.

Figura 71: Esquema de montagem de um motor elétrico.

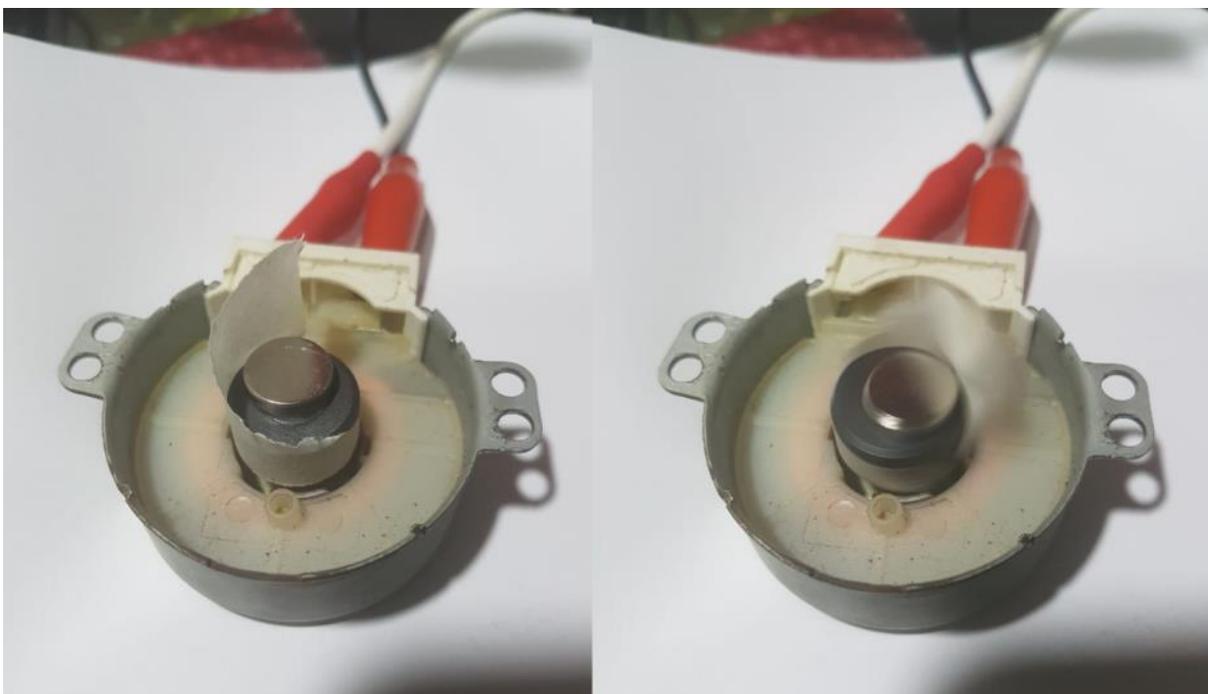


Fonte: do autor.

É importante frisar que o rotor deste experimento consiste de um ímã natural. Uma sugestão para verificar essa característica aos alunos é atrair algum objeto metálico com o rotor.

O experimento montado ficará de acordo com a Figura 72, à direita desligado, e à esquerda ligado com o rotor girando. Em algumas tentativas é necessário iniciar o movimento do rotor com as mãos, já com o interruptor pressionado.

Figura 72: Motor elétrico.



Fonte: do autor.

12 APÊNDICE VI

Experimentos do setor de geração de energia elétrica

Na escolha para elaboração destes experimentos levou-se em consideração a grande importância das usinas hidrelétricas na matriz energética brasileira. Para tanto, foi escolhido uma bomba d'água retirada de uma máquina de lavar roupas antiga. Este equipamento segue o mesmo princípio de funcionamento das turbinas de uma usina hidrelétrica, porém ao invés de transformar o movimento da água em energia elétrica, este dispositivo usa a energia elétrica para movimentar a água contida no interior da máquina de lavar.

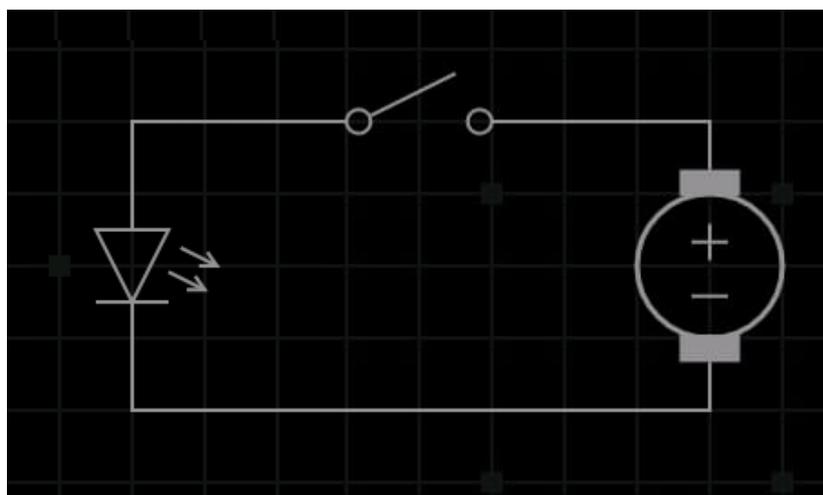
Esta demonstração propõe algumas adaptações na bomba para ilustrar o funcionamento das turbinas hidrelétricas, além de demonstrar a lei de indução eletromagnética de Faraday.

Itens do kit experimental utilizados no experimento:

- Item 3: Bomba de máquina de lavar roupas;
- Item 4: motor de prato de forno de micro-ondas;
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 18: LED.

A montagem do experimento segue o diagrama da Figura 73, e os passos a seguir:

Figura 73: Esquema de montagem experimento “geração de energia”.



Fonte: do autor.

- Utilizar dois cabos com garras (9) para ligar os dois terminais do LED (18) aos dois terminais da bomba (3);
- Girar a turbina da bomba com as mãos e descrever o comportamento da turbina e observar o LED.

O lado esquerdo da Figura 74 mostra o experimento em funcionamento enquanto que no lado esquerdo ilustra a possibilidade de utilização do motor de microondas para geração de energia elétrica.

Figura 74: Experimento de geração de energia elétrica.



Fonte: do autor.

13 APÊNDICE VII

“Anel saltante” e a lei de Lenz.

A lei de Lenz é importante no estudo da indução eletromagnética pois através dela é possível determinar o sentido da corrente induzida na bobina, de acordo com a variação do fluxo do campo magnético que a induz.

Para montar o experimento do “anel saltante” serão necessários os itens do kit experimental descritos abaixo:

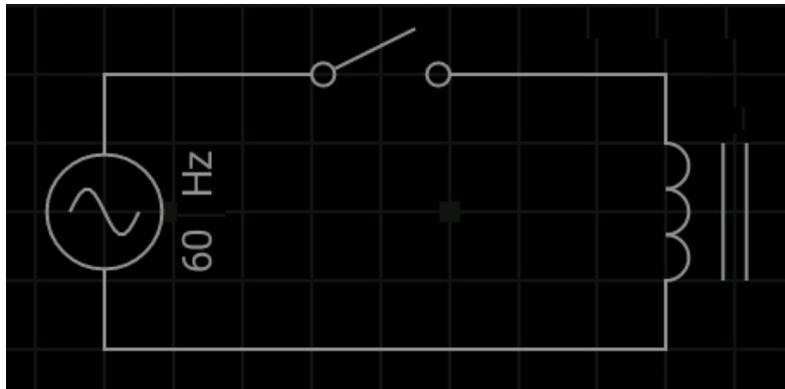
- Item 1: Barra quadrada;
- Item 2: Base de madeira;
- Item 6: Tubo de alumínio com uma das paredes cortada;
- Item 7: Tubo de alumínio
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;
- Item 11: Bobina com 600 espiras;
- Item 15: Núcleo de ferro “U”.

Outros materiais necessários;

- Tomada com 127 ou 220 Volts;

A montagem do experimento segue o diagrama da Figura 75, e os passos a seguir:

Figura 75: Esquema montagem experimento “anel saltante”.



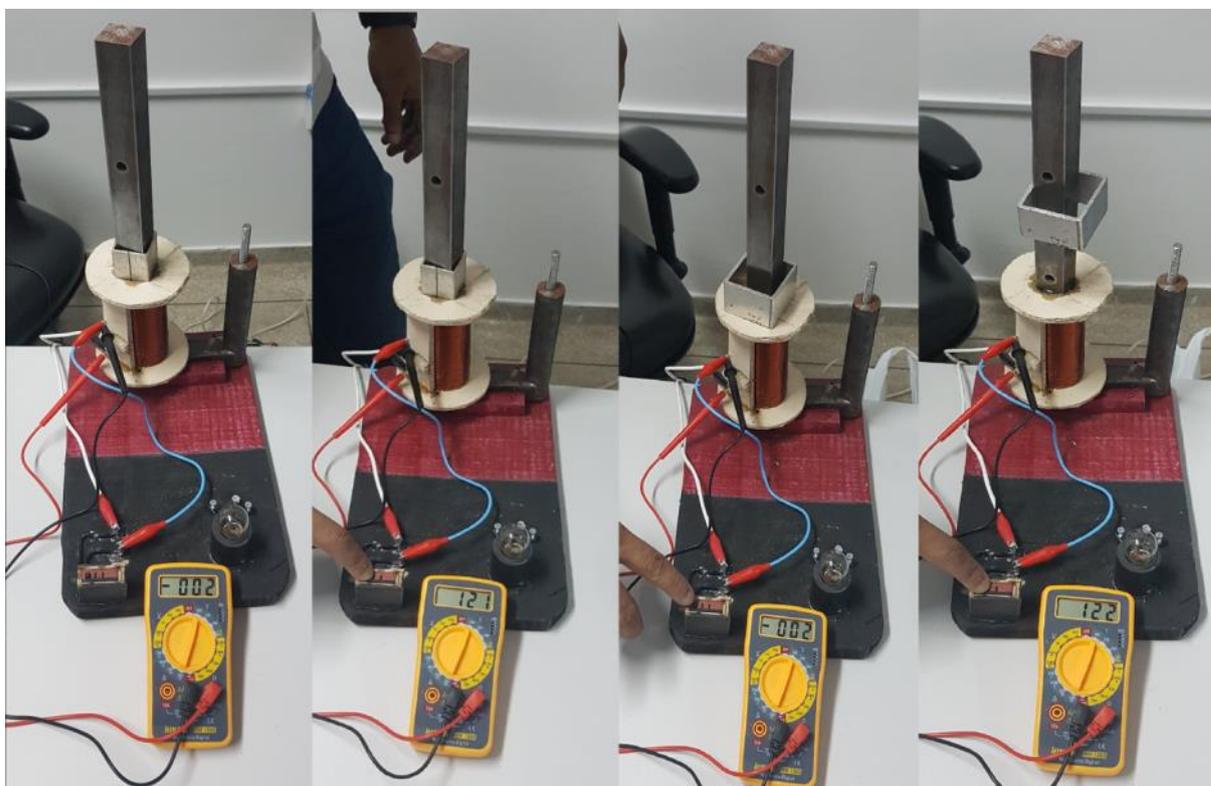
Fonte: do autor.

- Colocar o núcleo de ferro (15) sobre a base de madeira (2)
- Passar uma das extremidades do núcleo de ferro (16) dentro da bobina (11);
- Prender a barra quadrada(1) na vertical, no núcleo (16), sobre a bobina (11);
- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal da bobina (11) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);

- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante da bobina com um cabo com garras (9);
- Passar o tubo de alumínio cortado (6) na barra quadrada;
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor;
- Substituir o tubo (6) pelo tubo (7);
- Ligar o experimento novamente.

É importante promover o debate sobre os resultados do experimento e comentar sobre aplicações cotidianas desse efeito. A Figura 78 mostra o experimento em funcionamento.

Figura 76: Experimento “anel saltante” com espira aberta e espira fechada.



Fonte: do autor.

14 APÊNDICE VIII

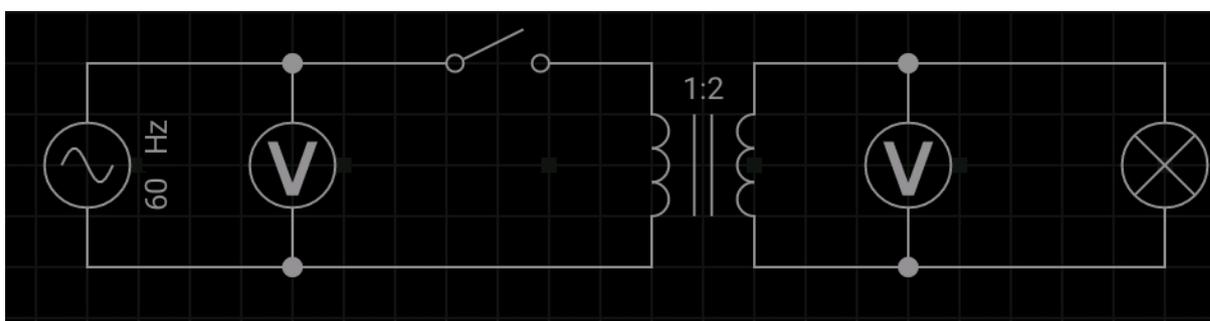
Transformador

A evolução dos aparelhos elétricos e sua popularização tem grande contribuição do transformador. Estes possibilitam a transmissão de energia em alta tensão e baixa corrente, diminuindo perdas, e também a utilização desta energia em variadas tensões.

Este experimento mostra o princípio de funcionamento de um transformador e algumas possibilidades de seu uso. É importante ressaltar que o transformador está presente no cotidiano, a saber, nos postes da rua, nos fornos de micro-ondas ou até mesmo nos carregadores de celular.

Antes de iniciar o experimento é interessante questionar os alunos sobre alguma outra aplicação do transformador, ou algum fato que envolveu o equipamento? A montagem do experimento segue o diagrama da Figura 77.

Figura 77: Esquema de montagem do transformador de corrente alternada.



Fonte: do autor.

Para montar o experimento do transformador serão necessários os itens do kit experimental descritos abaixo:

- Item 1: Barra quadrada;
- Item 2: Base de madeira;
- Item 5: Multímetro;
- Item 8: Porcas borboleta;
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;
- Item 11: Bobina com 600 espiras;
- Item 12: Bobina com 300+300 espiras;
- Item 15: Núcleo de ferro “U”;
- Tomada com 127 ou 220 Volts.

A montagem do experimento segue os passos descritos abaixo:

- Colocar o núcleo de ferro (15) sobre a base de madeira (2);
- Passar uma das extremidades do núcleo de ferro (15) dentro da bobina (11);

- Passar a bobina (12) na extremidade restante do núcleo (16);
- Encaixar a barra quadrada (1) nos parafusos e prender firmemente com as porcas (8);
- Ligar um dos terminais da extremidade da bobina (12) a um terminal da extremidade da lâmpada (14);
- Ligar o terminal central da bobina (12) ao terminal central da lâmpada (14);
- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal da bobina (11) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);
- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante da bobina com um cabo com garras (9);
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor;
- Trocar o polo usado na lâmpada;
- Ligar o experimento;
- Acionar a bobina (12) pelos terminais da extremidade;
- Ligar o experimento.

Proceder às anotações dos experimentos, e qual efeito percebido em cada mudança na montagem, e qual motivo provável para cada uma. A Figura 78 mostra o experimento em funcionamento.

Figura 78: Protótipo de um transformador de corrente alternada.



Fonte: do autor.

15 APÊNDICE IX

Forno de indução

A tecnologia vem numa evolução crescente e a necessidade de desenvolver processos de fabricação cada vez mais especializados acompanha este desenvolvimento. Durante a revolução industrial as peças das máquinas eram feitas por ferreiros ou em pequenas fundições. Porém, com o aumento da produção, a necessidade de materiais melhores e mais confiáveis foi tornando obsoletos esses meios de fabricação que expunham as matérias primas a contato com gases, e muitas vezes um controle de temperatura falho.

O forno de indução é conhecido por aquecer um determinado material sem depender de contato direto ou indireto com este, prevenindo as contaminações. Este fenômeno se deve a indução de correntes parasitas no interior do material e foi descoberto pelo físico francês Jean Bernard Léon Foucault em 1855.

Segue abaixo os itens do kit experimental utilizados no experimento.

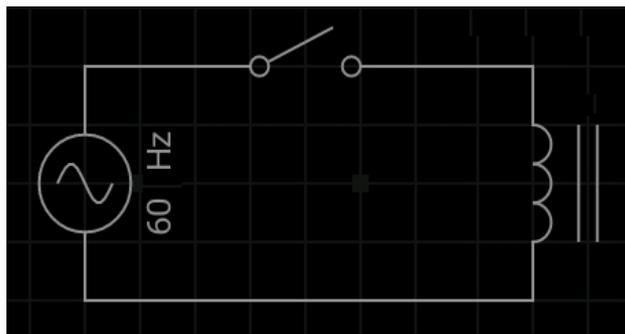
- Item 2: Base de madeira;
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;
- Item 11: Bobina com 600 espiras;
- Item 14: Feixe de varetas;
- Item 15: Núcleo de ferro “U”.

Outros materiais necessários;

- Tomada com 127 ou 220 Volts;

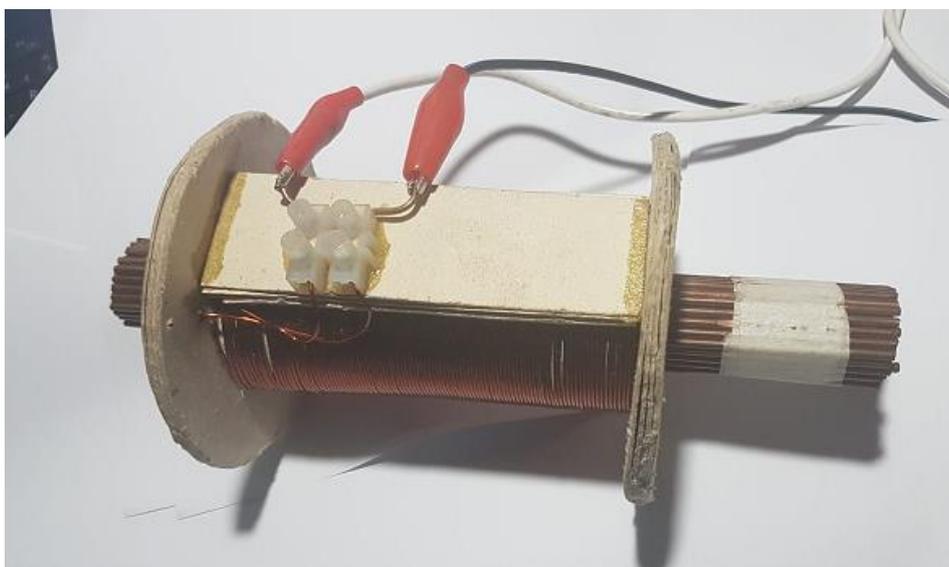
A montagem do experimento segue o diagrama da Figura 23. A Figura 24 mostra a montagem final com o núcleo em varetas de aço e os passos a seguir.

Figura 79: Esquema de montagem de um “forno de indução eletromagnética”.



Fonte: do autor.

Figura 80: Montagem final do “forno de indução eletromagnética”.



Fonte: do autor.

- Passar uma das extremidades do núcleo de ferro (16) dentro da bobina (11);
- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal da bobina (11) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);
- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante da bobina com um cabo com garras (9);
- Verificar com o tato a temperatura do núcleo;
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor;
- Verificar a temperatura do núcleo de ferro (16) e substituí-lo pelo feixe de varetas (15) na bobina;
- Pressionar o interruptor por 15 segundos;
- Verificar a temperatura do feixe de varetas e comparar com a do núcleo.

16 APÊNDICE X

Avaliação da proposta didática.

Este questionário tem o objetivo de saber sua opinião sobre a proposta didática aplicada à sua turma.

***Obrigatório**

Endereço de email *

Sua resposta

1- Costuma faltar as aulas de física? *

1 2 3 4 5

sempre me ausento não me ausento

2- Tem hábito de tirar dúvidas com o professor dentro ou fora das aulas? *

1 2 3 4 5

não tiro dúvidas sempre tiro dúvidas

3- Qual seu nível de esforço para estudar física? *

1 2 3 4 5

nenhum esforço muito esforço

4- Qual o seu grau de dificuldade com a disciplina de física? *

1 2 3 4 5

muita dificuldade nenhuma dificuldade

5- Considera a utilização de experimentos feitos com materiais de baixo custo importante para compreensão do conteúdo? *

1 2 3 4 5

pouco importante muito importante

6- Os assuntos abordados foram objetivos e claros? *

1 2 3 4 5

insuficiente suficiente

7- Os conteúdos abordados tem relevância em sua vida? *

1 2 3 4 5

Pouco útil Muito útil

8- A distribuição de conteúdo ao longo da proposta foi adequada? *

1 2 3 4 5

inadequada adequada

9- A resolução de um caso baseado em fatos vividos na escola tornaram as aulas mais interessantes? *

1 2 3 4 5

pouco interessantes muito interessantes

10- Você considerou importante para a compreensão do conteúdo, o uso da maquete simulando os problemas relacionados no Estudo de Caso? *

1 2 3 4 5

pouco importante muito importante

11- Como avalia o método de ensino abordado durante a aplicação da proposta didática? *

1 2 3 4 5

péssimo ótimo

ENVIAR

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

17 ANEXOS

Anexo I – Produto Educacional



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

Sociedade Brasileira de Física

Produto Educacional

UMA ABORDAGEM DOS CONCEITOS DE MAGNETISMO E INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA POR MEIO DE ESTUDOS DE CASO

Autores

Jackson Ricardo Marcelino Braz

Dr. José Luís Boldo

Dra. Renata Lacerda Caldas

Campos dos Goytacazes/RJ
2019/2

Caro professor,

Durante a carreira da docência somos surpreendidos diversas vezes com situações em que precisamos repensar a forma de trabalho atual, pois a mesma já não gera os mesmos resultados de tempos atrás. Afinal, nós mudamos, nossos alunos também mudam todos os anos, assim como a realidades em que vivemos.

Diante disso, o objetivo deste produto é apresentar uma alternativa para o ensino de conceitos de magnetismo e indução eletromagnética em nível médio, utilizando de um método de ensino diferenciado, embasado em teorias de aprendizagens consolidadas.

Este material conta com o passo a passo para praticar a proposta, desde impressos para reprodução, orientações para prática dos métodos e confecção da maquete e experimentos.

Aproveitando a oportunidade, convido-o também a ler a dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, que deu origem a este produto.

Desejo-lhe uma ótima experiência!

Apresentação do Material

Este material constitui uma proposta didática para trabalhar os temas de magnetismo e indução eletromagnética, nas aulas de física da terceira série do Ensino Médio.

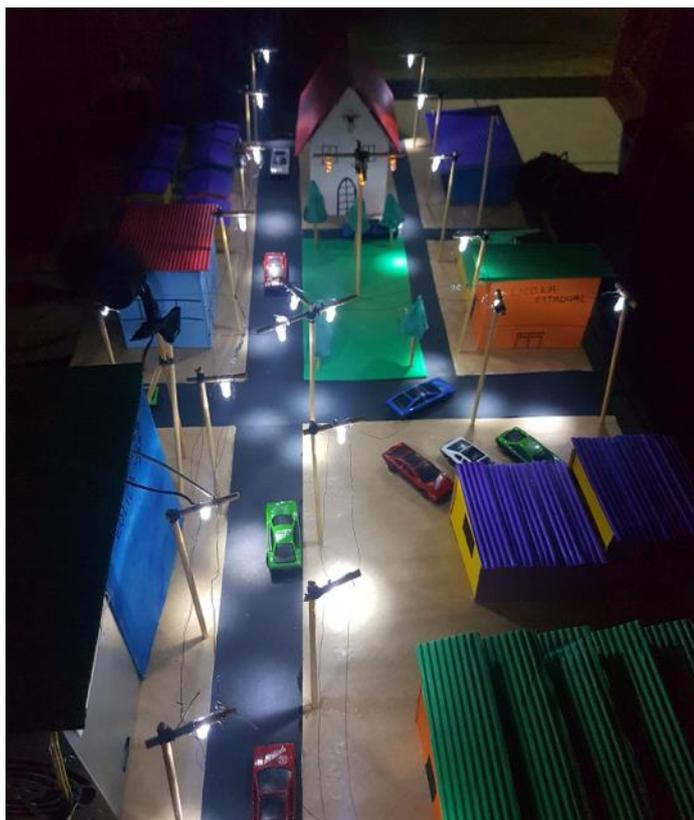
Os conteúdos aqui abordados foram adaptados à Base Curricular Comum do estado do Espírito Santo. Para desenvolver este trabalho, utilizamos o método de ensino Estudo de Caso (QUEIROZ, 2015), norteado pela teoria de aprendizagem de Vygotsky, apoiado por uma maquete da cidade em questão, e experimentos de baixo custo, objetivando proporcionar interação entre os alunos e o meio onde vivem, sempre com a mediação do professor.

Com isso, pretende-se trazer conteúdos de Física para mais próximo do aluno, mais precisamente, inserir o conhecimento científico no seu cotidiano, desenvolvendo habilidades e competências para o exercício da cidadania de forma crítica e responsável.

O roteiro para confecção do material de aula e aplicação deste produto está descrito na próxima seção.

Maquete

A narrativa do Estudo de Caso se passa na cidade da escola de aplicação do produto, porém, com o objetivo de aumentar a interação dos estudantes com a situação proposta, foi desenvolvida uma maquete com alguns estabelecimentos importantes para a exemplificação do conteúdo de física abordado. Além disso, a maquete simula o problema de queda de energia abordado no Estudo de Caso.



Alguns dos estabelecimentos representados na maquete estão relacionados a experimentos, dentro do produto, em que os fenômenos físicos demonstrados são alusivos ao funcionamento de algum equipamento característico. A lista abaixo elenca os conceitos físicos e seus experimentos, com os estabelecimentos e seus respectivos equipamentos de referência:

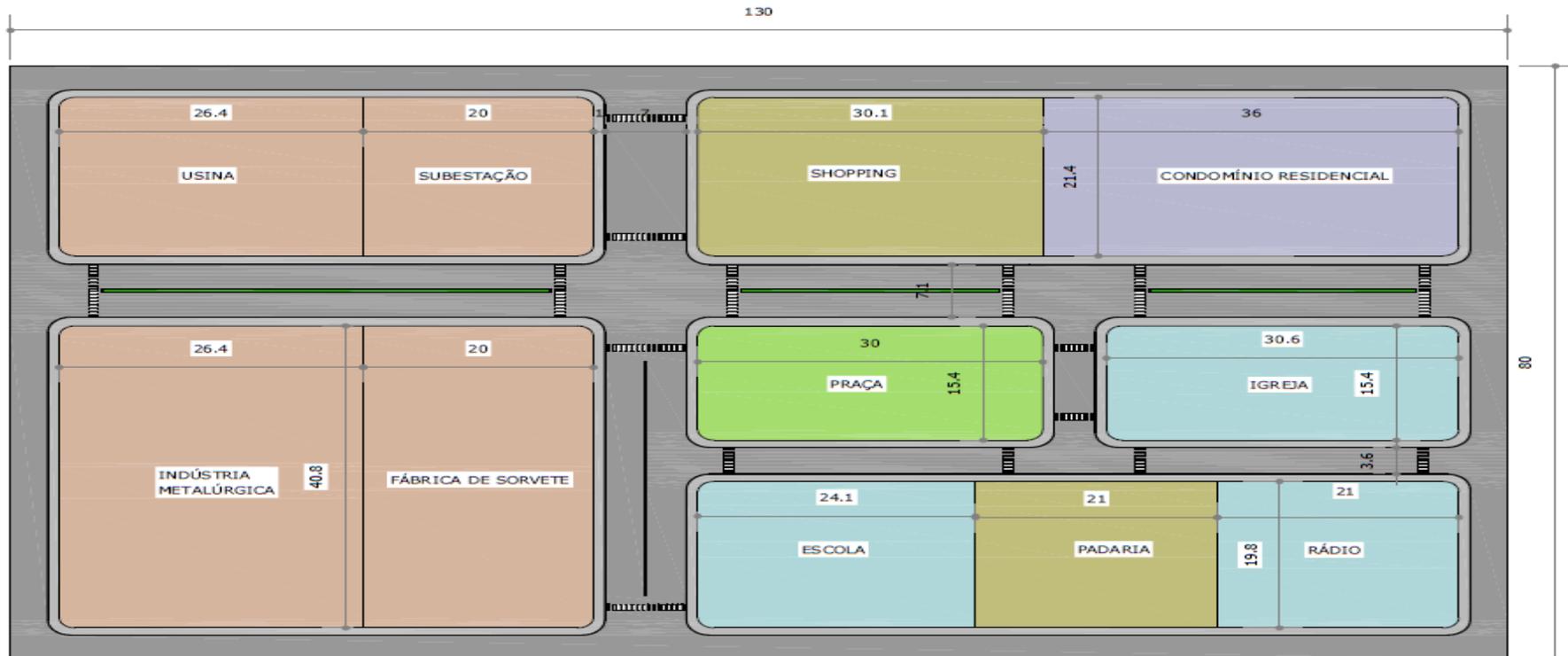
- Eletroímã, aplicado na Indústria Metalúrgica, em guindastes, para realizar içamento de cargas ferromagnéticas. Tem o objetivo de mostrar a aplicação do campo magnético induzido por corrente.
- Motor elétrico, aplicado na maquete, no shopping, fábrica de sorvetes e escola, para fins de climatização e refrigeração. Tem o objetivo de mostrar a aplicação da força magnética.

- Gerador elétrico, empregado na usina de energia eólica, mostra a aplicação do campo magnético variável gerando corrente elétrica induzida.
- Anel Saltante, aplicado no estabelecimento igreja, tem como finalidade mostrar a atuação da Lei de Lenz. Este experimento tem funcionamento similar ao dos alto falantes de um sistema de som⁶.
- Transformador, é utilizado na subestação de energia elétrica com o intuito de modular a tensão e a corrente, recebidas da usina de geração, de forma que possa ser utilizada pelos diversos estabelecimentos da cidade.
- Forno de indução, aplicado nos fornos da padaria e exemplifica como as correntes de Foucault podem ser usadas para o aquecimento.

Além dos estabelecimentos listados acima, a maquete também conta com um condomínio residencial e praça pública, que entrarão na discussão do Estudo de Caso no momento de fazer proposições de como resolver o problema de falta de energia elétrica na cidade.

⁶ O Alto falante possui uma membrana presa a uma bobina móvel, que ao ser percorrida por corrente alternada produz campo magnético variável, atraindo ou repelindo a bobina em direção a um ímã fixo. Este movimento deforma a membrana, que por sua vez desloca o ar produzindo ondas sonoras.

Confecção da maquete



- | | | |
|---|--|---|
|  CALÇADA |  ATIVIDADES INDUSTRIAIS |  ATIVIDADES RESIDENCIAIS |
|  RUA |  ATIVIDADES COMERCIAIS | |
|  ESPAÇO LIVRE DE USO PÚBLICO (PRAÇA) |  ATIVIDADES DE SERVIÇO | |

PLANTA MAQUETE

ESCALA 1/ 100

A planta mostrada na página anterior foi utilizada como base para a construção da maquete empregada neste trabalho, os materiais foram adquiridos de forma colaborativa, apresentando a lista para os alunos e verificando possibilidades contribuição de materiais que eles possuíam em casa sem uso, ou de baixo custo de aquisição. A tabela abaixo relaciona materiais e quantidades necessárias para a confecção da maquete, e uma estimativa de valores baseada em orçamento feito na cidade em setembro de 2018, caso seja necessária a compra de algum insumo.

TABELA DE VALORES E MATERIAIS PARA A CONFECÇÃO DA MAQUETE			
Quantidade	Material	Emprego	Valor(R\$)
01	Placa de isopor 80x130x3cm	Base da maquete	7,00
01	Folha de papelão "Paraná" 1,5mm	Paredes das construções	5,80
02	Folha de papel cenário cor pardo	Forrar o isopor	2,30
01	Folha de cartolina preta	Representar o asfalto das ruas e avenidas	2,00
02	Folha de papel ondulado	Telhados das construções	8,00
40	Palitos de churrasco	Postes e estrutura da turbina eólica	2,50
01	Rolo de linha de costura preta	Amarração dos postes	1,30
20	Led 5mm alto brilho branco	Iluminação geral	3,00
04	Led 5mm alto brilho amarelo	Iluminação praça	0,60
01	Ventilador 12V	Turbina eólica	6,50
02	Metros cabo flexível de cobre 1,5mm ²	Ligação elétrica geral	3,00
02	Potenciômetros 1Kohm	Ligação iluminação praça Simulação de carga no circuito	6,00
02	Micro chave 3 polos 2 posições	Ligar carga e circuito	3,90
01	Fonte de computador	Energizar a maquete	59,00
01	Tinta guache diversas	Pinturas	2,00

01	Cola instantânea	Colagem geral	4,00
05	Tubos de cola quente	Colagem envolvendo isopor	6,00
01	Tubo de solda estanho	Soldagem dos contatos elétricos	6,00

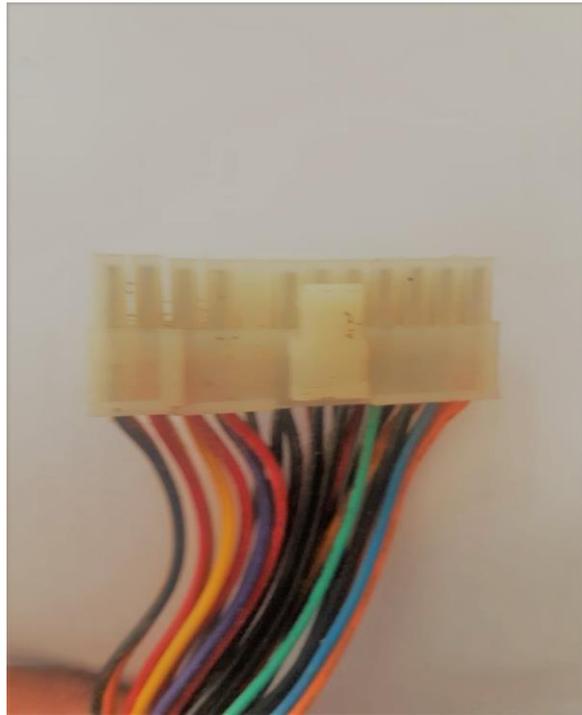
A maquete foi fabricada com base numa placa de isopor revestida inicialmente com uma camada de papel cenário pardo, colado ao isopor com cola quente, posteriormente foram recortadas tiras da cartolina preta para representar as ruas de asfalto, obedecendo as proporções do desenho. Nesta etapa é importante ressaltar que caso não seja usado uma placa base nas medidas sugeridas na planta da maquete, pode-se utilizar medidas proporcionais, reduzindo ou aumentando a maquete.

Os estabelecimentos da maquete foram confeccionados através de recortes de papel tipo “Paraná” nas paredes, as coberturas em papel ondulado, colados com cola quente, pela parte interior. A pintura de cada estabelecimento foi feita usando tinta do tipo “guache” de cores variadas, os nomes das construções e detalhes como portas, janelas e faixas, foram desenhados com caneta tipo “marcador para retroprojeter”.

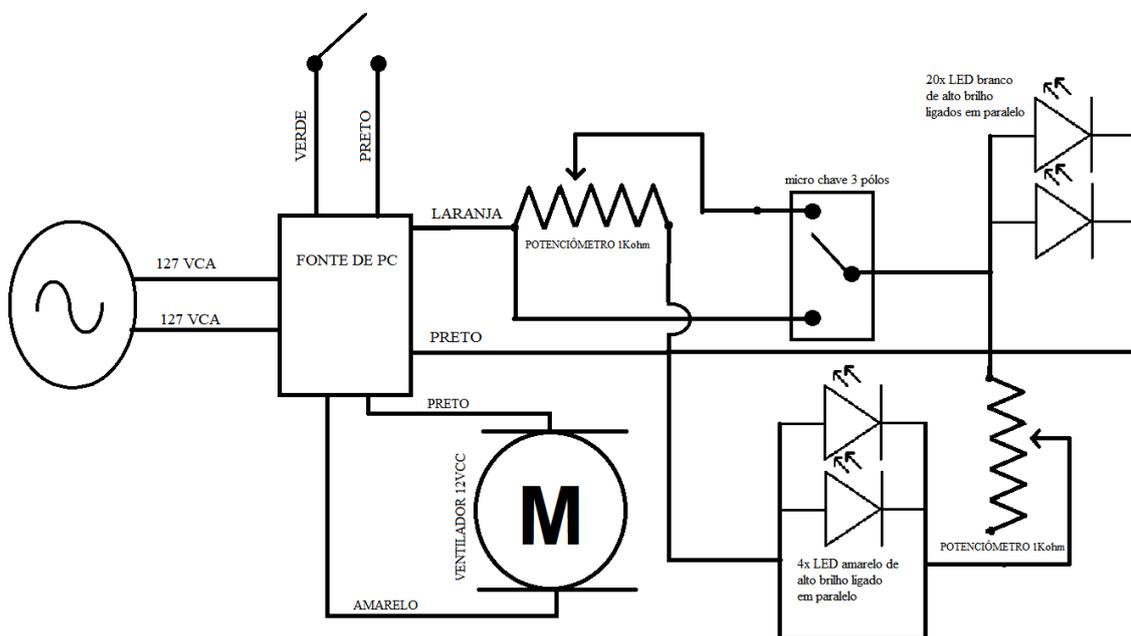
As construções foram feitas seguindo as medidas contidas na tabela:

CONSTRUÇÃO	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura 1 (cm)	Altura 2 (cm)
Escola	18	9,5	3	8
Padaria	16,5	8	4	5
Igreja	15	9	9	15
Casas	5	5	1,8	2,6
Shopping	11	8	9	9
Fábrica de sorvete	15	8	7,3	5
Metalúrgica	15	8	7,5	6,3
Subestação	11	15	13	15
Usina	12	15	13	15

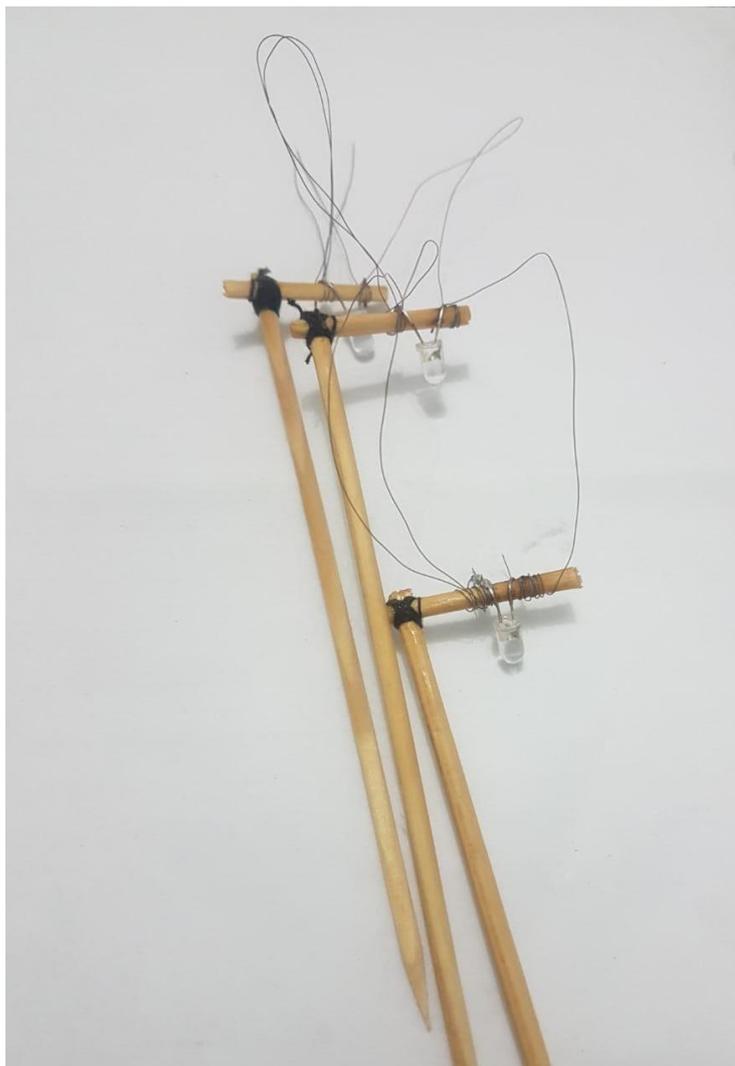
O sistema elétrico foi construído baseado numa fonte de computador usada, e com algumas alterações, a figura abaixo mostra o conector original da fonte, em que foram seccionados um fio verde, um fio laranja, e dois fios pretos.



Estes fios são bases para a confecção do circuito elétrico da maquete descrito na figura seguinte , as ligações foram todas feitas utilizando solda de estanho e chumbo.



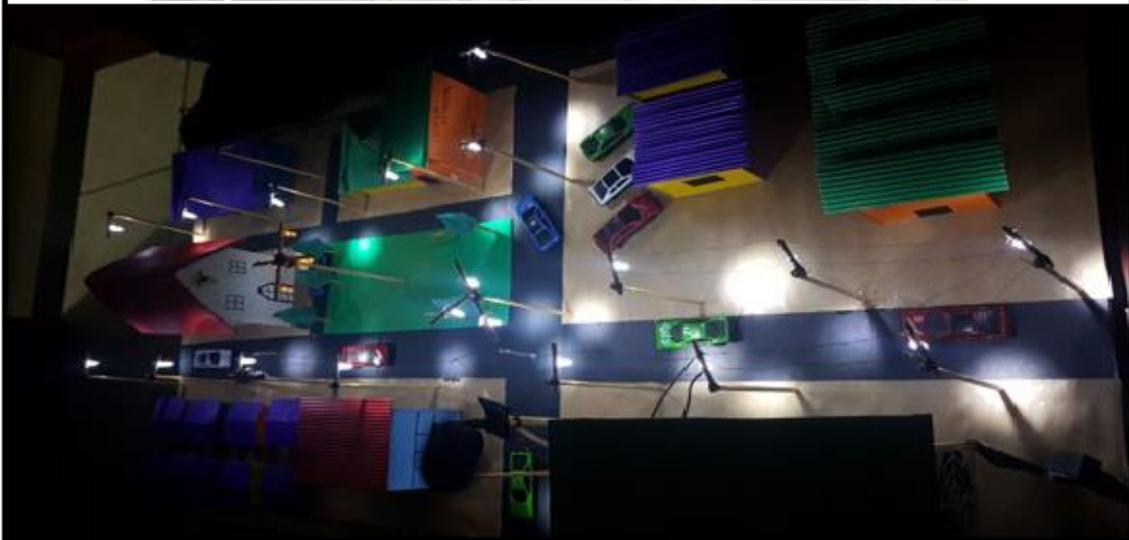
A distribuição de corrente elétrica para os LEDs nos postes foi feita utilizando filamentos de um cabo flexível de cobre com $1,5\text{mm}^2$ de área e organizados de acordo com a figura abaixo, e com espaçamento de quinze centímetros entre eles.



A micro chave ligada em dois polos foi utilizada para energizar o circuito e a micro chave ligada em três polos insere carga no circuito fazendo baixar o brilho de todos os LED`s, simulando a queda de fornecimento de energia elétrica na cidade.

A estrutura física da maquete é sugerida, e pode ser adaptada conforme a realidade da turma e materiais disponíveis.

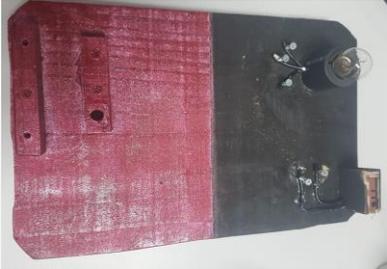
As figuras seguintes mostram a maquete produzida.



O kit experimental

Para praticar a parte experimental deste produto didático, foi elaborado um *kit* com materiais de fácil acesso, baixo custo e, em alguns casos, podem ser obtidos por meio de doação. O Quadro abaixo trata de uma lista de materiais sugeridos, podendo ser substituídos por similares com a obtenção de resultados semelhantes.

Quadro 13: componentes do *kit* experimental.

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR	FORMA DE AQUISIÇÃO	FOTO
Item 1	Barra de aço quadrada com 25mm de lado e 250mm de comprimento.	R\$ 15,00	Loja de ferragens	
Item 2	Base de madeira pintada, com 6 parafusos e suporte para lâmpada 12V, interruptor e núcleo "U"	R\$ 6,00	Loja de materiais de construção	
Item 3	Parte interna de bomba d'água de máquina de lavar roupas	R\$ 22,00 ou doação	Oficina de eletrodomésticos	
Item 4	Parte interna de um motor de rotação do prato de um forno de micro-ondas	R\$6,00 ou doação	Oficina de eletrodomésticos	

Item 5	Multímetro digital	R\$ 34,00	Lojas de eletrônica	
Item 6	Tubo quadrado de alumínio com uma das paredes cortadas 31x30mm	Doação	Vidraçaria	
Item 7	Tubo quadrado de alumínio 31x30mm	Doação	Vidraçaria	
Item 8	Porca borboleta. Medida 3/8"UNC - 2 peças	R\$0,40	Loja de ferragens	
Item 9	Cabo flexível de cobre com área 1,5mm ² x 250mm de comprimento com 2 garras "jacaré" nas pontas. 3 peças.	R\$ 6,00	Loja de materiais para construção	

Item 10	Plugue de eletrodomésticos com garra jacaré.	R\$ 5,00 ou doação	Loja de materiais para construção ou oficina de eletrodomésticos.	
Item 11	Indutor com 600 espiras. Produzido em tubo de PVC 32mm, papelão e fio AWG 19.	R\$22,00	Lojas de material elétrico	
Item 12	Indutor com 300 + 300 espiras. Produzido em tubo de PVC 32mm, papelão e fio AWG 19	R\$22,00	Lojas de material elétrico	
Item 13	Lâmpada automotiva 12 V	R\$ 3,00	Lojas de autopeça	
Item 14	Feixe de varetas de aço com 200mm de comprimento e 25mm de diâmetro total	R\$ 5,00 ou doação (reciclados)	Lojas de ferragens	
Item 15	Núcleo de ferro "U"	R\$ 35,00	Serralheria	

Item 16	Chave “micro switch” contatos normalmente abertos, 10A x 250V	R\$ 4,00 ou retirada de sucatas	Lojas de material elétrico ou oficinas de eletrodomésticos	
Item 17	Led 10mm	R\$ 2,00 ou retirado de sucatas	Lojas e oficinas de eletrônica	
Item 18	Óleo de cozinha	R\$ 2,50 500 ml	Supermercado	
Item 19	Limalha de ferro	Doação	Pó de varrição de serralheria	
Item 20	Garrafa PET transparente de refrigerante ou água com gás, com no máximo 600 ml de capacidade.	Reciclado	Bares ou lanchonetes	

Item 21	Ímãs diversos	Reciclado	Doação em oficinas eletrônicas	
Item 22	Mini bússola	R\$3,90	Papeleria	

Fonte: do Autor.

Obtenção dos itens do kit

Alguns itens citados na Tabela 1 não estão disponíveis no mercado da forma com que estão apresentados nas fotos. Neste tópico será explicado o processo necessário para obter cada item nesta situação.

- Item 1: Barra de aço quadrada. Desenho esquemático disponível ao fim desta lista junto com o item 15.
- Item 2: Base de madeira. Tábua de madeira medindo 30x20x3 cm. Fixar os fios aos polos da lâmpada (item 14) e aparafusá-los a madeira conforme Figura 11. Fazer o mesmo com a chave (item 17). Finalmente, colar a lâmpada e a chave à base.

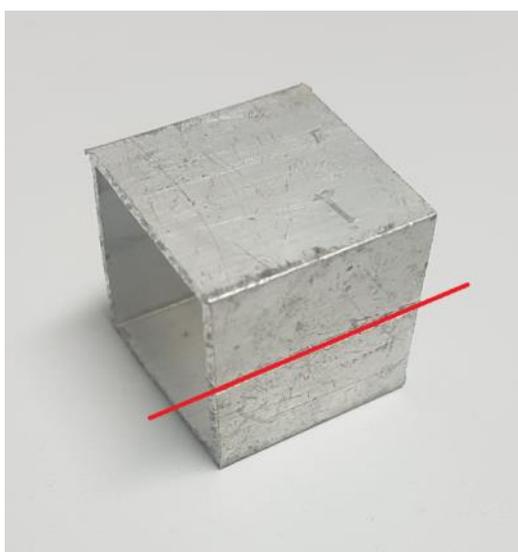
Fixação sugerida para a lâmpada.



- Item 3: A parte interna de uma bomba d'água foi obtida em uma oficina de máquinas de lavar roupas. Na ocasião, foi solicitado uma bomba que ainda gire porém, podendo estar com a carcaça avariada. Foram obtidas algumas unidades através de doação.
- Item 4: Parte interna do motor que faz girar o prato do forno de micro-ondas, aproveitando apenas carcaça com bobina e rotor. Conforme item 3, por se tratar de parte de um componente potencialmente avariado, esta é obtida facilmente através de doação em oficinas do ramo.
- Item 5: Multímetro digital. O modelo mais simples já atende o propósito dos experimentos. Em caso de indisponibilidade desse equipamento, o experimento não terá a informação quantitativa dos fenômenos. Por outro lado, os LEDs e lâmpadas (inclusos no kit) trazem dados qualitativos e suficientes para análise.
- Itens 6 e 7: Tubo quadrado de alumínio. Este pode ser obtido através de doação em vidraçarias ou por um preço irrisório, por estar geralmente entre as sobras. Este material é empregado pelo fato do alumínio ter propriedades paramagnéticas. Os dois tubos serão bobinas de apenas uma espira, sendo um deles uma espira interrompida, para isso é necessário fazer um corte em uma das paredes do tubo conforme a figura seguinte,

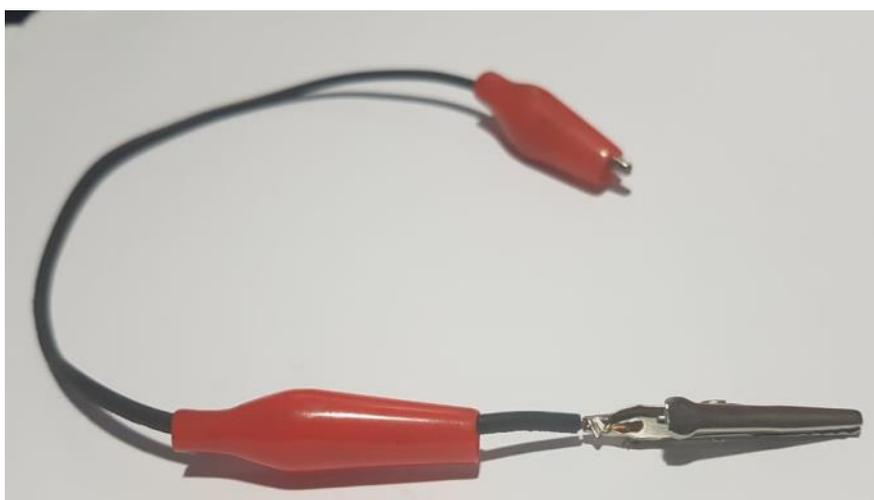
este corte pode ser feito no estabelecimento que forneceu o tubo, ou com uma serra para metais. As medidas do tubo são sugeridas e podem ser maiores, e o formato quadrado pode ser substituído por outro, redondo, com mais de 36 milímetros de diâmetro interno..

Esquema de corte do item 6 do kit experimental.



- Itens 9 e 10: Cabo de cobre flexível com garras do tipo “jacaré”. Para confeccionar este item se deve decapar 15 milímetros de cada ponta do cabo, passar o cabo dentro da proteção da garra “jacaré” e prender o cabo na garra dobrando as travas da garra sobre ele.

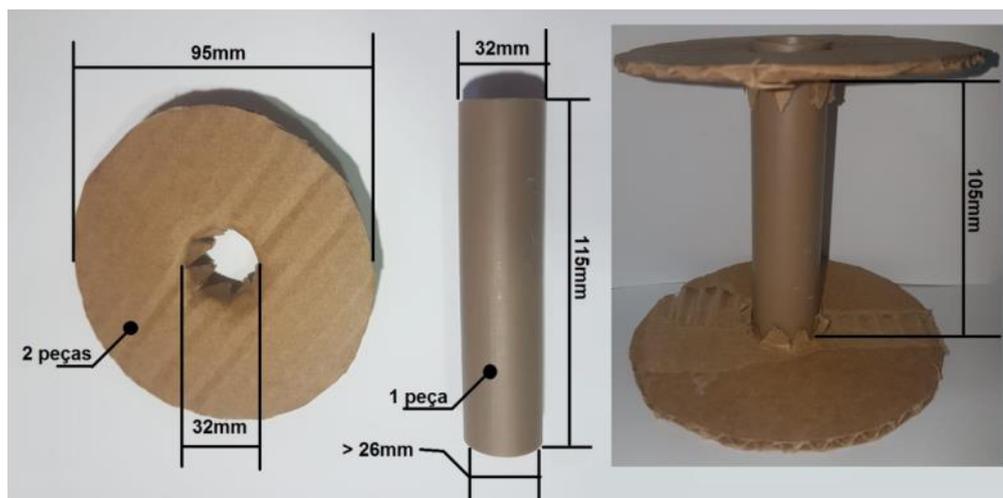
Detalhe da confecção dos itens 9 e 10.



- Itens 11 e 12: Bobina indutora. Para confeccionar o carretel em tubo de PVC e papelão das bobinas, basta seguir as orientações da Figura

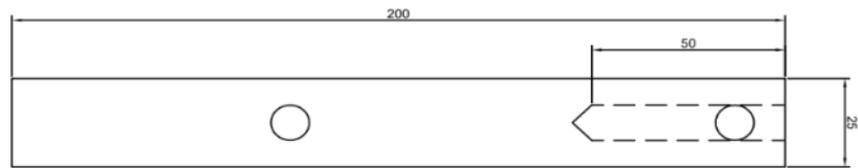
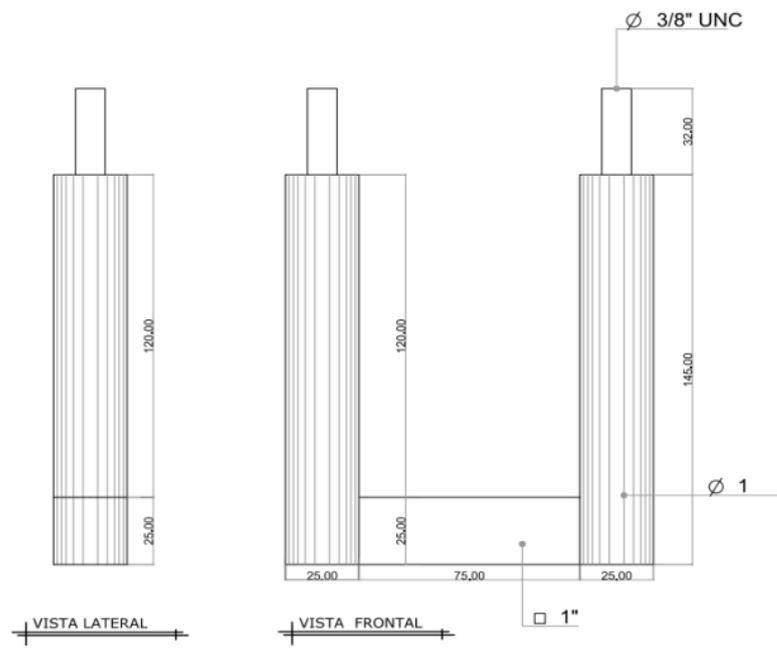
posterior. Na primeira bobina (item 11) são 600 voltas de fio de cobre esmaltado AWG 19, e na segunda bobina (item 12) dois enrolamentos de 300 voltas cada e unidos entre eles por uma ponta de cada. Todas as pontas devem ser lixadas para retirada do verniz protetor e possibilitar o contato elétrico com as garras jacaré.

Detalhes da construção do carretel usado nos dos itens 12 e 13.



Fonte: do autor.

- Item 14: Feixe de varetas. Consiste em 75 varetas redondas de aço com comprimento de 200 milímetros e 3 milímetros de diâmetro, cada. O ponto mais importante deste item é montar as varetas dentro do tubo de PVC usado no item 11, buscando deixar o feixe de varetas com o formato cilíndrico do interior do tubo. Caso o diâmetro de vareta utilizado seja diferente do sugerido, o número total de varetas usadas mudará. Porém se deve deixar uma pequena folga para o feixe entrar e sair livremente do tubo. Ao final da montagem é importante travar as varetas com fita adesiva.
- Item 15: Núcleo de ferro “U”. O desenho esquemático deste item se encontra disponível no esquema abaixo.



Estudo de Caso como método de ensino

Originada no Canadá, Na Universidade de Mc Master, no fim dos anos 60, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP, ou PBL em inglês *Problem Based Learning*) tinha aplicação na escola de saúde, os alunos eram expostos a situações reais no final dos cursos, visando a interface com a realidade como tomadas de decisão e direcionamento da própria aprendizagem. (SÁ, FRANCISCO & QUEIROZ, 2007, p.1)

Ao focalizar um problema prático o estudo de caso apresenta características interessantes para a aprendizagem, podendo usar o conhecimento geral que possui e não apenas de uma disciplina específica, formar novos modelos de assimilação da realidade com a inserção de novos elementos. Além disso, possibilita ao estudante ter autonomia durante o desenvolvimento do estudo, explorando situações-problema mais complexas, comparadas ao ensino tradicional (SÁ *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2011).

Para praticar este método é necessário seguir fases pré-determinadas; de acordo com Linhares e Reis (2008) e Sá *et al.*(2007), geralmente, são três. A primeira fase, a exploração, é responsável pela ambientação do participante, onde se estabelecem as questões, se localizam sujeitos e são definidos instrumentos e ações.

Nesta etapa é apresentado o material e justificada a escolha e relevância do tema. Na sequência o aluno resolve o Caso com seus conhecimentos prévios e, a seguir, o professor apresenta elementos que supram as falhas das concepções prévias.

Na segunda etapa são apresentados textos de apoio, experimentos e atividades para fixação do conteúdo proposto e, na sequência, são promovidos debates sobre as apreensões mediados pelo professor, enfatizando os pontos mais relevantes.

Na terceira fase, é realizada a coleta de dados ou delimitação. Finalmente, é feita a análise desses dados para uma nova resolução do Caso. Após a execução destas fases, é elaborado o relatório final do participante e um retorno do aplicador com as considerações observadas, podendo ainda, de acordo com o resultado das soluções, sugerir implantação ou publicação.

É necessário ao praticar o método com a turma, salientar que a coleta de concepções prévias não busca definir erros ou acertos, sendo muito importante que os alunos demonstrem seu conhecimento inicial de forma bem detalhada, possibilitando uma melhor avaliação após a retomada.

O produto educacional está estruturado em nove momentos com duas aulas de cinquenta e cinco minutos cada, e está estruturado no quadro abaixo:

AULA	CONTEÚDOS	MOMENTOS	AULAS
Aula 1	Introdução ao conteúdo:	Apresentar a proposta do curso e a organização das primeiras atividades. (20 min)	2
		Divisão dos alunos em grupos e explicação do tema de cada grupo. (20 min)	
Aplicação do questionário de coleta de concepções prévias. (30 min)			
	Apresentação da maquete:	Descrição da maquete, apresentação de cada estabelecimento e abertura para perguntas (40 min)	
Aula 2	Aplicação do Estudo de Caso	Leitura do Estudo de Caso “Chegou o verão, e problemas...”. (15 min)	2
		Organização da turma nos grupos selecionados e feita explicação da proposta para cada grupo em específico. (25 min)	
		Demonstração da situação exposta no Estudo de Caso na maquete. (15 min)	
		Resolução do Estudo de Caso pelos alunos, e entrega ao professor. (30 min)	
		Discussão sobre o tema do Estudo de Caso. (25 min)	
Aula 3	Abordagem histórica do magnetismo	Leitura e discussão em grupo do texto “O fenômeno magnético”. (25 min)	2
		Leitura e discussão em grupo do texto “O experimento de Oersted”. (35 min)	
		Apresentação dos conceitos de magnetismo, campos magnéticos gerados por distribuições de corrente e modelo físico. (50 min)	
Aula 4	Representação das linhas de campo	Representação das linhas de campo de diversos ímãs desconhecidos (40 min)	2
		Apresentação do trabalho do grupo da indústria metalúrgica. (20 min)	
		Experimento eletroímã (20 min)	
		Discussão com a turma sobre o experimento (20 min)	
	Força magnética	Apresentação dos conceitos de força magnética em cargas em movimento e fios de corrente elétrica. (50 min)	2

Aula 5		Experimento do motor elétrico. (15 min)	
		Apresentação do grupo do shopping. (20 min)	
		Discussão sobre as aplicações do motor elétrico no cotidiano e medidas para diminuir o consumo de energia elétrica. (25 min)	
Aula 6	Exercícios formais	Aplicação de lista de exercícios, com resolução supervisionada pelo professor, sobre os conteúdos: campo magnético gerado por distribuição de correntes, e de ímãs naturais, além da força magnética sobre cargas e fio de corrente imersos em um campo magnético externo. (110 min)	2
Aula 7	Indução Eletromagnética	Aula expositiva sobre os conceitos de indução eletromagnética (Lei de Faraday – Lenz) e corrente alternada. (50 min)	2
		Apresentação do grupo responsável pela usina de geração de energia elétrica (20 min)	
		Experimento do Alternador (20 min)	
		Discussão sobre as aplicações de corrente alternada no cotidiano e onde ela não é aplicada. (20 min)	
Aula 8	Indução Eletromagnética	Retomada do conteúdo da aula anterior (10 min)	2
		Apresentação do grupo responsável pela igreja (20 min)	
		Experimento do anel saltante (10 min)	
		Apresentação do grupo responsável pela subestação (20 min)	
		Experimento do transformador (10 min)	
		Apresentação do grupo responsável pela padaria (20 min)	
		Experimento do forno Indutivo (10 min)	
		Discussão sobre as aplicações da Lei de Faraday – Lenz no cotidiano (10 min)	
Aula 9	Retomada do Estudo de Caso	Retomada e resolução final do Estudo de caso. (40 min)	2
		Confecção e explicação de mapa conceitual pelos grupos (50 min)	

		Resolução de questionário acerca da metodologia de ensino. (20 min)	
--	--	---	--

Descrição das Aulas

1º etapa investigativa: Coleta de conhecimentos prévios – Questionário inicial. (1h/aula)

Nesta etapa foi feita a coleta das concepções prévias dos alunos através de um questionário à cerca do magnetismo, funcionamento do sistema de geração e transporte de energia elétrica e de equipamentos elétricos das casas e estabelecimentos comerciais da região.

Ao final foi feita uma breve apresentação da maquete da cidade na qual se desenvolverá a história relacionada ao Estudo de Caso, discutido na próxima etapa.

Nesse momento também serão divididos os sete grupos, por meio de sorteio, os quais serão os mesmos durante toda a aplicação da intervenção didática.

Questionário de coleta de concepções prévias

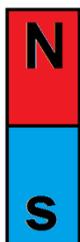
Tema: Magnetismo e indução eletromagnética.

Nome: _____

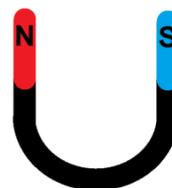
Professor: _____ Data: _____ Turma: _____ Turno: _____

Este questionário deve ser preenchido com base em seus conhecimentos e opiniões em cada questão. Não é permitido consulta de material de qualquer natureza. A avaliação será feita de acordo com o detalhamento de cada resposta, e não levará em consideração a mesma estar certa ou errada.

- 9- O que você entende sobre um ímã? Qual motivo de ele atrair alguns materiais e outros não?
- 10- Além de atrair objetos, explique com suas palavras outras aplicações de um ímã no cotidiano.
- 11- O que entende por campo magnético? Represente as linhas de campo magnético nas figuras abaixo:



a)



b)



c)



d)

2º etapa investigativa: Coleta de conhecimentos prévios e problematização - Estudo de Caso. (2h/aula)

Leitura do Estudo de Caso “*Chegou o verão! Quantos problemas...*”, que se passa na cidade representada pela maquete, na qual tanto o professor/pesquisador como os alunos são moradores.

Após a leitura do Caso, os alunos dispostos em seus grupos discutirão as respostas das questões levantadas no final do texto. O objetivo desta etapa é instigar a curiosidade dos alunos, além de verificar o conhecimento sobre indução eletromagnética e suas aplicações no sistema de geração e distribuição de energia e equipamentos elétricos. O professor recolherá as respostas prévias dos alunos ao final da aula.



Professora Lúcia é diretora da Escola Estadual Primo Bitti, em Aracruz ES, e no final do ano de 2017 começou a ter problemas com falta de energia na escola, o problema era recorrente, e sempre acontecia por volta de três e meia da tarde, que nesta época do ano é sempre bem quente.

Após alguns dias, ligou para a concessionária de energia EDP Escelsa para saber se havia algum problema e foi informada que estava tudo normal na rede de distribuição do seu bairro, e que precisava verificar as instalações internas da escola, porém tinha sido feito uma reforma no sistema elétrico, pois a escola recebeu aparelhos de ar condicionado para as salas de aula e deixou tudo conforme recomenda a norma.

Para comunicar o problema à comunidade escolar, a professora marcou uma reunião envolvendo os responsáveis pelos alunos, lideranças comunitárias e representantes da prefeitura, para comunicar que as quedas de energia podiam prejudicar o andamento das aulas, além de estragar equipamentos elétricos e estragar alimentos que precisem de refrigeração.

O senhor Jackson, pai de um dos alunos da turma e engenheiro eletricitista da fábrica de sorvetes “Casção”, que fica ao lado da escola, recebeu o bilhete através do filho e se propôs a auxiliar a diretora para desvendar o problema:

— Boa tarde, professora Lúcia, me chamo Jackson, meu filho estuda aqui e trabalho na fábrica de sorvetes ao lado, gostaria de entender um pouco melhor o problema com a energia.

— Boa tarde, Jackson, acontece que instalamos os aparelhos de ar condicionado nas salas de aula no recesso de julho, quando os alunos voltaram do recesso estava tudo funcionando bem, porém desde novembro as coisas mudaram, e temos varias quedas de

energia, e às vezes precisamos suspender as aulas pois ficamos sem iluminação. O curioso é que quando temos um dia mais fresco isso não acontece.

— Entendi, professora! O problema então é intermitente e piora em dias mais quentes. Vou pesquisar o que pode estar acontecendo e lhe retorno.

— Exatamente, Jackson! Por favor faça isso, será de grande ajuda!

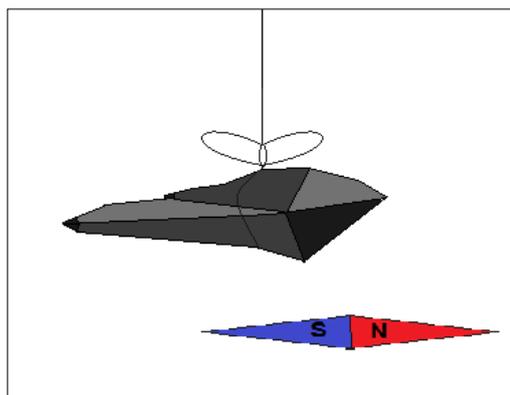
Questionário

7. Suponham que vocês sejam o senhor Jackson, o que considerariam como causa das quedas de energia na escola? Justifique.
8. Você considera alguma relação dos problemas de energia elétrica na escola com os estabelecimentos próximos?
9. No estabelecimento representado por seu grupo, quais seriam os equipamentos que mais consomem energia? Por quais motivos?
10. Quais medidas poderiam ser adotadas para diminuir o consumo de energia elétrica em seu estabelecimento?
11. Que providencias podem ser tomadas para evitar as quedas de energia na escola?
12. Discuta acerca de alguns problemas que podem ocorrer em decorrência de quedas de tensão na rede de energia elétrica.

3º etapa investigativa: Abordagem histórica do magnetismo. (2h/aula)

Nesta etapa serão tratados por meio de discussão de texto de fornecidos pelo professor dois aspectos históricos sobre o magnetismo: a descoberta da magnetita (ímã natural) e o experimento de Oersted, em que foi possível verificar que distribuições de corrente também geram campos magnéticos. Os textos para trabalho em sala de aula estão disponíveis abaixo. Ao final da leitura dos textos será proposta uma atividade de catalogação de ímãs

O fenômeno magnético



O primeiro relato que se tem do magnetismo tem origem da Grécia Antiga, na região chamada à época de Magnésia. Algumas pedras em específico atraíam pedaços de ferro, e por estas pedras serem encontradas com facilidade na região, ficaram conhecidas como magnetita. Estas pedras são constituídas do óxido de ferro Fe_3O_4 , e atualmente são o exemplo mais conhecido de ímã natural.

No século XI, na China, já se utilizava este mineral como forma de orientação, por sua capacidade de apontar sempre em mesma direção, quando suspensa por fio flexível, ou na superfície de algum líquido. Também na China, ficou conhecido o mito da “Colher que aponta para o sul”, em referência a uma colher feita de magnetita.

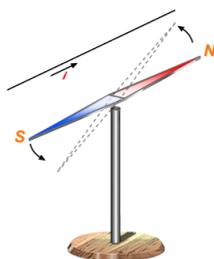
Foram os gregos que procuraram explicar o fenômeno do magnetismo pela primeira vez. Descobriram que uma pedra chamada magnetita atraía espontaneamente o ferro. Da mesma forma, verificaram que um pedaço de magnetita, suspenso livremente no ar, virava sempre na mesma direção.

Tales de Mileto, matemático e filósofo que viveu no século VI a.C., afirmava que a substância tinha “alma” e podia atrair pedaços de matéria inanimada, “aspirando-os”. As substâncias tinham vontades e desejos como se fossem seres vivos.

Esse fenômeno da colher acontecia devido a Terra ser um enorme ímã. Como todo ímã, tem dois polos magnéticos: o Norte e o Sul. Esses polos ficam próximos aos polos geográficos: o Pólo Magnético Sul fica próximo ao Pólo Geográfico Norte, e o Pólo Magnético Norte fica próximo ao Pólo Geográfico Sul. Desta forma a extremidade da colher magnética que apontava sempre para o Polo Geográfico Sul, era o Polo Magnético Sul.

A ação entre os polos é de atração quando eles têm nomes diferentes (como exemplo as cargas elétricas onde negativo atrai positivo e vice-versa). Por isso, o local para onde é atraído o norte da bússola deve ser, magneticamente, o Pólo Sul. Assim, o norte geográfico do nosso planeta corresponde ao sul magnético do grande ímã Terra e vice-versa.

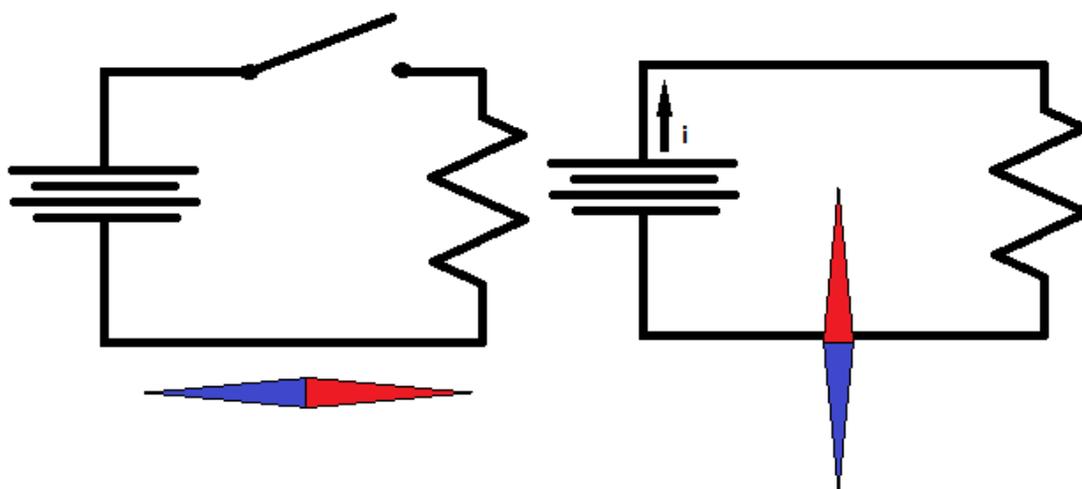
O EXPERIMENTO DE OERSTED



Em 1819 o físico dinamarquês Hans Christian Oersted trabalhando com circuitos elétricos, percebeu que a passagem de corrente elétrica por um condutor causava deflexão na agulha de uma bússola posicionada próxima. O deslocamento da agulha de uma bússola, normalmente acontece de acordo com o campo magnético da Terra, e o movimento ocorrido nesta situação só podia ser creditado ao aparecimento de um novo campo magnético.

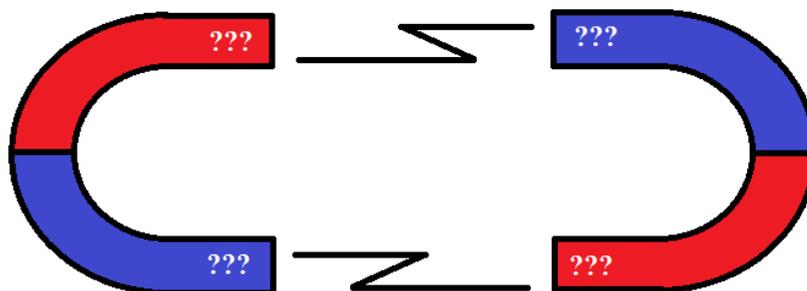
O movimento da agulha da bússola seguia sempre um padrão, independente do ângulo inicial da agulha antes da passagem de corrente elétrica, quando o circuito era fechado e energizado a agulha ficava ortogonal ao fio. Além disso, caso o sentido da corrente fosse invertido, a agulha se mantinha ortogonal, porém com os polos a 180 graus da posição com a corrente no sentido original.

A figura abaixo mostra como se pode realizar a experiência de Oersted: um condutor retilíneo horizontal é colocado paralelamente a uma agulha imantada. Esse condutor é ligado em série com os seguintes elementos: uma fonte (pilhas ou bateria), que fornece corrente; um reostato, que controla a intensidade da corrente; e um interruptor, para abrir e fechar o circuito. Inicialmente, o interruptor mantém o circuito aberto, e a agulha se mantém paralela ao condutor. Quando se fecha o circuito através do interruptor, passa corrente, produz-se o campo magnético, e a agulha é desviada.



Adaptado de: http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/campo_corrente/exper_oersted/

Catlogação de imãs



A capacidade dos ímãs atrair materiais ferrosos é conhecida há muito tempo pela humanidade, porém sabemos que posteriormente agulhas magnéticas foram empregadas para orientação em viagens e caravanas, devido ao fato de o polo sul de um ímã apontar aproximadamente para o polo sul geográfico da Terra.

Atividade

Agora vamos definir os polos sul e norte de vários tipos de ímãs de materiais e formatos diferentes. Com as informações acima, um integrante de cada grupo irá até a mesa do professor levando um ímã de qualquer formato e ao aproximar da bússola na mesa do professor, conseguirá definir um dos polos do ímã em questão. Em seguida levar este ímã para a o grupo para catalogar os polos dos outros ímãs.

1. Ao aproximar o ímã da bússola, qual parte da agulha se direcionou para o ímã?
2. Em sua opinião qual o motivo desse movimento?
3. Qual polo do ímã foi encontrado?
4. Represente em desenho 4 tipos de ímãs com suas polaridades checadas durante a tarefa.

a)

c)

b)

d)

4º etapa investigativa: Representação de linhas de campo magnético(2h/aula)

Os alunos divididos em seus respectivos grupos confeccionarão as representações do que acreditam ser responsáveis pelo poder de atração dos ímãs linhas de campo magnético de um ímã com os modelos de ímãs disponíveis de forma livre. Posteriormente farão a mesma representação com o auxílio da “garrafa magnética”, e por fim com a bússola.

Experimento “Linhas de Campo” com a garrafa magnética.

Esta etapa experimental busca demonstrar as linhas de campo magnético em três dimensões, bem como a interação das partículas magnetizadas.

Para proceder com este experimento será necessário os itens do *kit* descritos abaixo:

- Item 18: óleo de cozinha;
- Item 19: limalha de ferro;
- Item 20: garrafa;
- Item 21: ímãs.

A montagem do experimento segue os passos à seguir;

- Colocar a medida de duas colheres de sopa de limalha de ferro dentro da garrafa;
- Completar o volume da garrafa com óleo de cozinha e tampá-la firmemente.
- Aproximar os ímãs da garrafa e observar a formação das linhas.

Devido à boa sensibilidade ao campo magnético das limalhas suspensas em óleo, pode se solicitar que os alunos aproximem e encostem na garrafa objetos pessoais, como celulares, fones de ouvido, moedas, chaves e outros. Desta forma poderá evidenciar se estes objetos possuem ou não campo magnético, e posteriormente discutir a natureza destes campos.

A Figuras abaixo mostram a garrafa montada antes e depois da exposição ao campo magnético, e em seguida um detalhe das formações das linhas de campo.

Garrafa antes e depois de exposição a campos magnéticos.



Linhas de campo.



No segundo momento da aula o grupo responsável pela indústria metalúrgica, apresentará sua pesquisa sobre o funcionamento do estabelecimento e o eletroímã de elevação de cargas. Este experimento deverá ser montado pelo grupo do tema, auxiliado pelo professor e explicado à turma, ao final da apresentação do grupo. Ao término da experimentação será aberto um espaço para discussão do estabelecimento e também do experimento. O grupo responsável pela apresentação deve entregar um relatório sobre as apreensões feitas durante o experimento.

Experimento “Eletroímã”

O eletroímã é um dispositivo muito utilizado no cotidiano, pois é possível utilizar suas propriedades magnéticas de forma controlada e intermitente, diferente de um ímã natural, que não pode ser desligado e religado novamente. Dentre suas aplicações se destacam o içamento de materiais ferromagnéticos em sucatas e siderúrgicas, chaves elétricas, alarmes, campainhas entre outros.

Itens do kit experimental utilizados no experimento;

- Item 2: Base de madeira;
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;
- Item 11: Bobina com 600 espiras;’
- Item 15: Núcleo de ferro “U”.

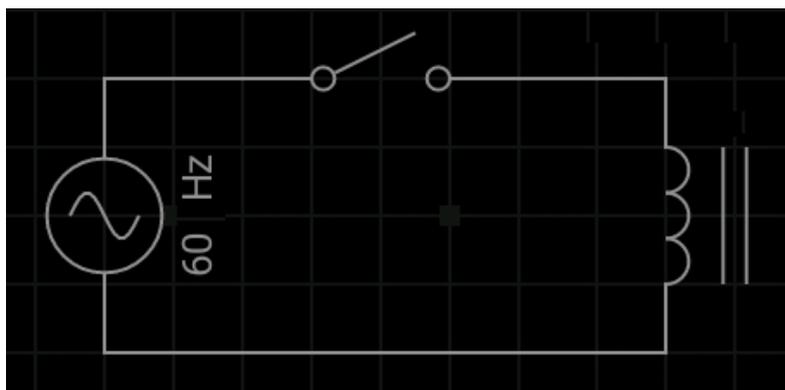
Outros materiais necessários;

- Tomada com entrada de 127 ou 220 Volts;
- Peças metálicas (pregos, porcas, parafusos, *clip* para papel, moedas, etc.).

A montagem do experimento segue o diagrama da Figura 13, e os passos a seguir:

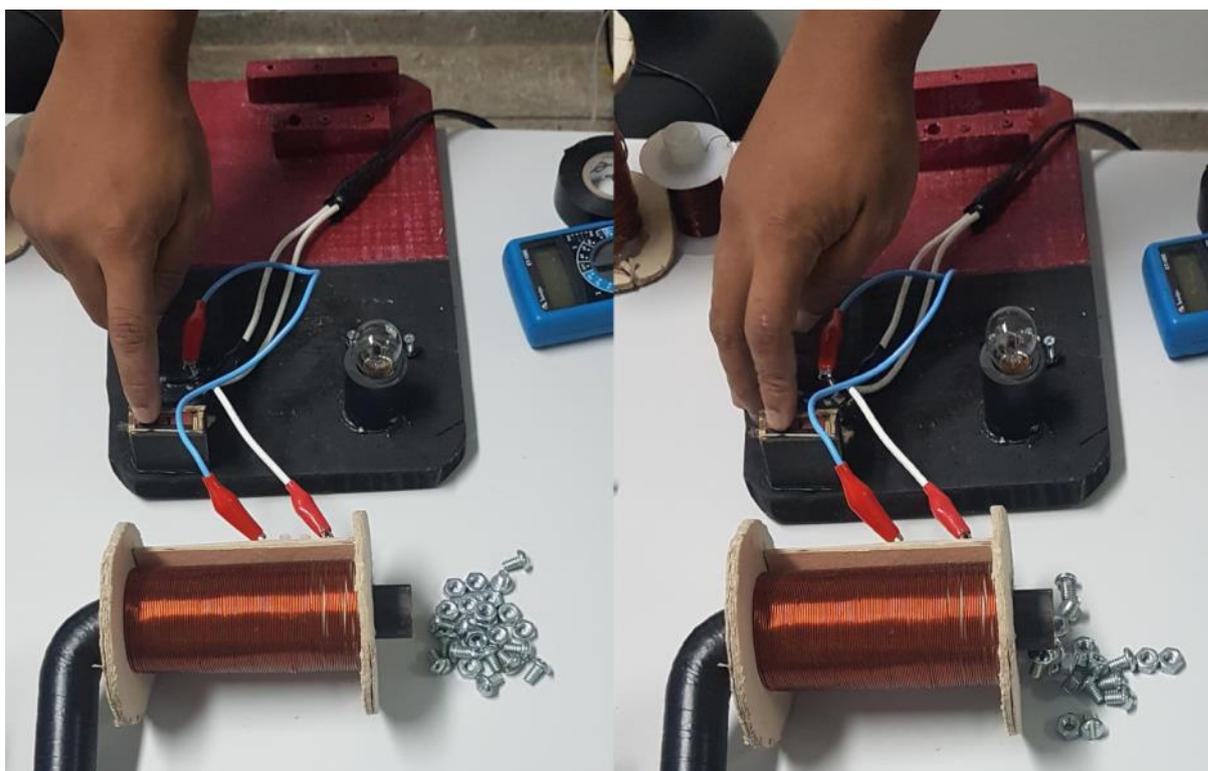
- Passar uma das extremidades do núcleo de ferro (16) dentro da bobina (11);
- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal da bobina (11) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);
- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante da bobina com um cabo com garras (9);
- Aproximar pequenos objetos de metal na extremidade do núcleo com a bobina;
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor.

Esquema de montagem do eletroímã.



Ao final da montagem, o experimento deve ficar conforme a Figura seguinte: no circuito da esquerda não há passagem de corrente elétrica enquanto no da direita há passagem de corrente.

Funcionamento de um eletroímã.



A realização deste experimento tem o objetivo de relacionar o conteúdo teórico apresentado em sala de aula, com a aplicabilidade prática do fenômeno

físico, desta forma pretende-se consolidar este conteúdo mais introdutório e simples, que servirá de base de referência para a construção dos próximos aprendizados.

Nesta etapa destaca-se a interação entre os alunos na utilização de materiais de baixo custo, simples e comuns no cotidiano da comunidade escolar. Esta interação, prevista por Vygotsky, enfatiza a contextualização do conteúdo com a realidade social e cultural do aluno, bem como, favorece a criação dos signos e instrumentos, possíveis facilitadores da aprendizagem.

5º etapa investigativa: Aula expositiva dialogada e discussão de experimentos – força magnética. (2h/aula)

Inicialmente haverá uma discussão qualitativa, com o aporte de experimento sobre motor elétrico, no qual será enfatizado o conceito de força magnética sobre cargas em movimento e também sobre fios de corrente em um campo magnético.

Durante a apresentação do experimento o professor questionará os alunos sobre a aplicação desse conhecimento (motor elétrico) no contexto do estabelecimento representado por cada grupo. Planeja-se a gravação das respostas dos alunos.

Com isso, será possível demonstrar o princípio de funcionamento de um motor elétrico. Com esses conceitos, também será possível explicar como se dá o funcionamento de alguns setores da cidade representada na maquete. O grupo responsável pelo shopping apresentará a pesquisa sobre a climatização do espaço, e quais medidas podem ser adotadas para redução de consumo de energia elétrica.

Experimento “Motor elétrico”

Este experimento demonstra o funcionamento de um motor elétrico retirado de um forno de micro-ondas e os fenômenos físicos envolvidos em seu funcionamento.

Itens do kit experimental utilizados no experimento;

- Item 2: Base de madeira;
- Item 4: Motor de prato de forno de micro-ondas
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;

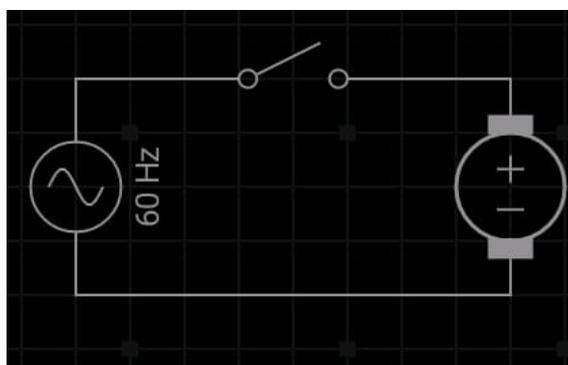
Outros materiais necessários;

- Tomada com 127 ou 220 Volts;
- Fita adesiva ou caneta hidrográfica para facilitar a visualização da rotação.

Os passos para a sua montagem do experimento seguem abaixo, seguidos do diagrama elétrico.

- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal do motor (4) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);
- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante do motor com um cabo com garras (9);
- Fixar fita adesiva no rotor do motor para marcar a posição de repouso;
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor.

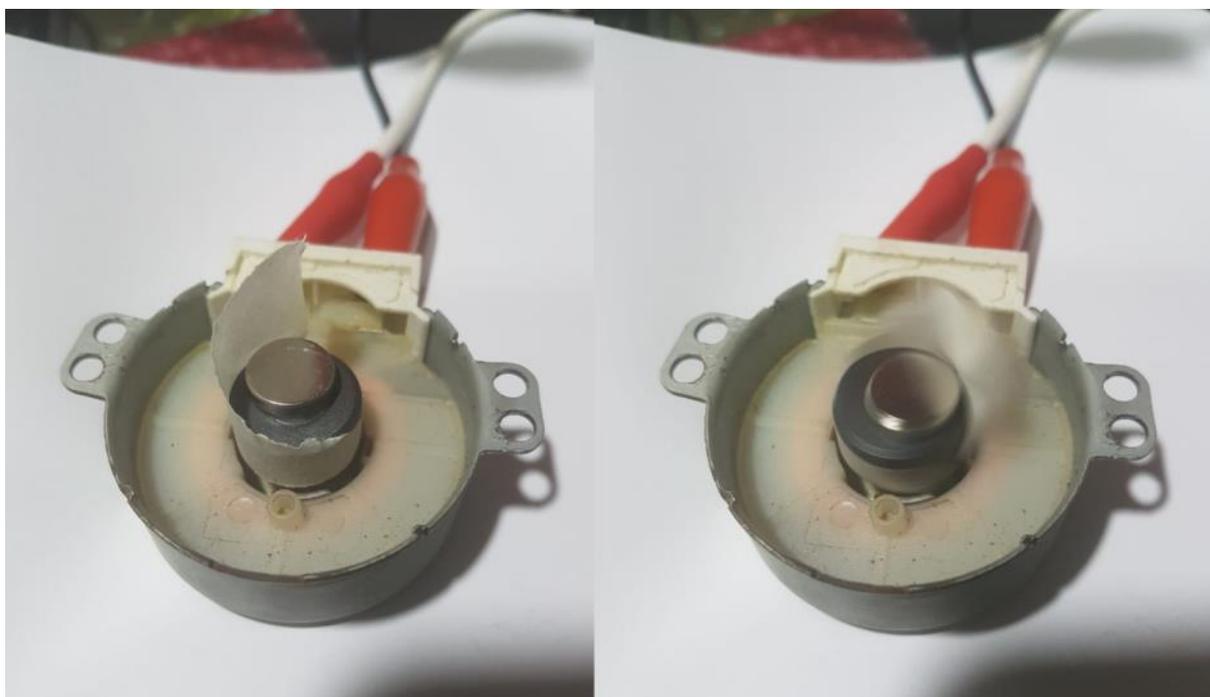
Esquema de montagem de um motor elétrico.



É importante frisar que o rotor deste experimento consiste de um ímã natural. Uma sugestão para verificar essa característica aos alunos é atrair algum objeto metálico com o rotor.

O experimento montado ficará de acordo com a Figura seguinte, à direita desligado, e à esquerda ligado com o rotor girando. Em algumas tentativas é necessário iniciar o movimento do rotor com as mãos, já com o interruptor pressionado.

Motor elétrico.

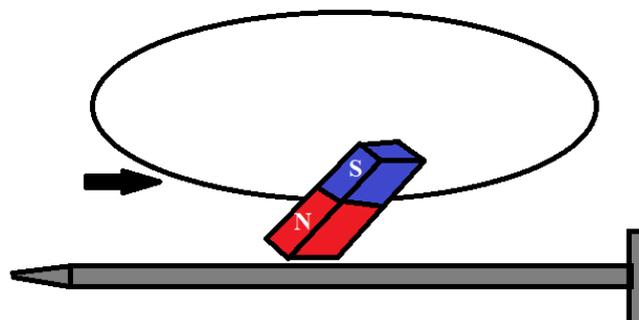


6º etapa investigativa: Aprofundamento dos conceitos físicos – revisão e exercícios formais (2h/aula)

Nesta etapa serão revisados os conceitos já estudados com uma breve aula expositiva e aplicada uma lista de exercícios formais propostos, referentes ao estudo do campo magnético gerado por distribuição de correntes, e de ímãs naturais, além da força magnética sobre cargas e fio de corrente imersos em um campo magnético externo, para resolução e entrega.

Lista de Exercícios

1. Em um prego de aço João passa um ímã várias vezes no mesmo sentido como mostra a figura abaixo:



Após algum tempo repetindo esta operação, João notou que o prego passou a atrair outros pregos.

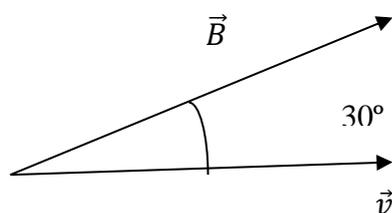
- a. Como João pode verificar a polaridade da ponta e da cabeça do prego?
 - b. João encostou a ponta do prego inicialmente imantado no meio do corpo de outro prego idêntico e conseguiu levantá-lo. Quando encostou a ponta do prego não imantado no meio do corpo do prego imantado, não percebeu nenhuma atração. Qual motivo disso acontecer?
 - c. Represente as linhas de campo magnético no prego após ser imantado.
2. Colocando o prego imantado sobre uma rolha em um copo de água, ele sempre acaba por apontar para sempre para mesma direção:
 - a. Para onde aponta a ponta do prego?
 - b. O polo geográfico da Terra coincide com o polo magnético para onde o prego aponta?
 - c. O polo sul da terra se como qual polo magnético?
 3. Um fio retilíneo longo é percorrido por uma corrente elétrica com intensidade de 4A. Determine o vetor do campo magnético em um ponto P, situado a 50cm do fio, considerando que o meio é vácuo.
 4. Em torno de um cilindro de 10cm de comprimento foi enrolado uniformemente um fio, com revestimento isolante por 2000 voltas completas no entorno, neste fio percorreu uma corrente elétrica de 10A. Responda:
 - a. Qual a intensidade do campo magnético externo ao cilindro num ponto situado longe das bordas?

- b. Considerando o interior da solenoide com apenas ar, qual seria a intensidade do campo magnético no interior do solenoide?

$$(\mu_{\text{ar}} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{T} \cdot \text{m/A})$$

- c. Qual a intensidade do campo magnético, se o núcleo do solenoide for 10 vezes maior que a do ar?

5. Em dado instante, um elétron se desloca com velocidade $v = -2,0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$, com direção e sentido indicados na figura, nesta região existe um campo magnético \vec{B} com intensidade de 15T, com direção e sentido representados também na figura, determine, módulo, direção e sentido da força magnética atuante na partícula.



7º etapa investigativa: Aula expositiva dialogada e discussão de experimentos - Indução eletromagnética e corrente alternada. (2h/aula)

Inicialmente será feita uma aula expositiva dialogada sobre a lei de Faraday – Lenz. Nesta etapa o grupo responsável pela usina de energia fará a apresentação do trabalho de sua pesquisa sobre os geradores de corrente alternada, e quais as possibilidades de aplicação na geração de energia elétrica. Ao fim da apresentação, com auxílio do professor, o grupo montará o experimento que exemplifica o funcionamento de um alternador. O último momento desta etapa será um diálogo sobre equipamentos que utilizam corrente contínua ou alternada para seu funcionamento.

Experimentos do setor de geração de energia elétrica

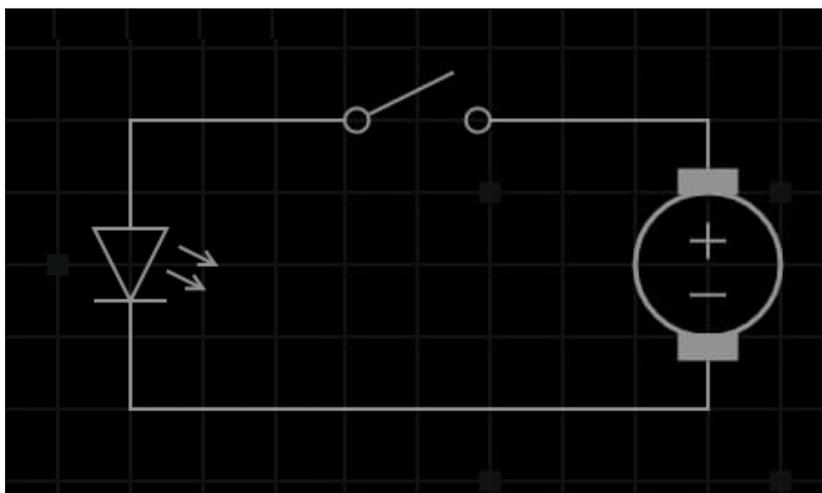
Na escolha para elaboração destes experimentos levou-se em consideração a grande importância das usinas hidrelétricas na matriz energética brasileira. Para tanto, foi escolhido uma bomba d'água retirada de uma máquina de lavar roupas antiga. Este equipamento segue o mesmo princípio de funcionamento das turbinas de uma usina hidrelétrica, porém ao invés de transformar o movimento da água em energia elétrica, este dispositivo usa a energia elétrica para movimentar a água contida no interior da máquina de lavar.

Esta demonstração propõe algumas adaptações na bomba para ilustrar o funcionamento das turbinas hidrelétricas, além de demonstrar a lei de indução eletromagnética de Faraday.

Itens do kit experimental utilizados no experimento:

- Item 3: Bomba de máquina de lavar roupas;
- Item 4: Motor de prato de forno de micro-ondas;
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 18: LED.

A montagem do experimento segue o diagrama abaixo, seguido das etapas de montagem.



- Utilizar dois cabos com garras (9) para ligar os dois terminais do LED (18) aos dois terminais da bomba (3);
- Girar a turbina da bomba com as mãos e descrever o comportamento da turbina e observar o LED.

O lado esquerdo da figura mostra o experimento em funcionamento enquanto que no lado esquerdo ilustra a possibilidade de utilização do motor de microondas para geração de energia elétrica.

Experimento de geração de energia elétrica.



Fonte: do autor.

8º etapa investigativa: Aprofundamento dos conceitos físicos - Indução eletromagnética e corrente alternada. (2h/aula)

Nesta etapa serão aprofundados os conceitos vistos na etapa anterior no que se refere à lei da indução eletromagnética de Faraday – Lenz. O grupo responsável pela igreja na maquete apresentará sua pesquisa referente ao funcionamento de um alto falante, ao final de sua apresentação, com o auxílio do professor será feito o experimento do “anel saltante” para demonstrar a lei de Lenz.

“Anel saltante” e a lei de Lenz.

A lei de Lenz é importante no estudo da indução eletromagnética pois através dela é possível determinar o sentido da corrente induzida na bobina, de acordo com a variação do fluxo do campo magnético que a induz.

Para montar o experimento do “anel saltante” serão necessários os itens do kit experimental descritos abaixo:

- Item 1: Barra quadrada;
- Item 2: Base de madeira;
- Item 6: Tubo de alumínio com uma das paredes cortada;
- Item 7: Tubo de alumínio
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;
- Item 11: Bobina com 600 espiras;
- Item 15: Núcleo de ferro “U”.

Outros materiais necessários;

- Tomada com 127 ou 220 Volts;

A montagem do experimento segue o diagrama abaixo, e os passos a seguir:

Esquema montagem experimento “anel saltante”.



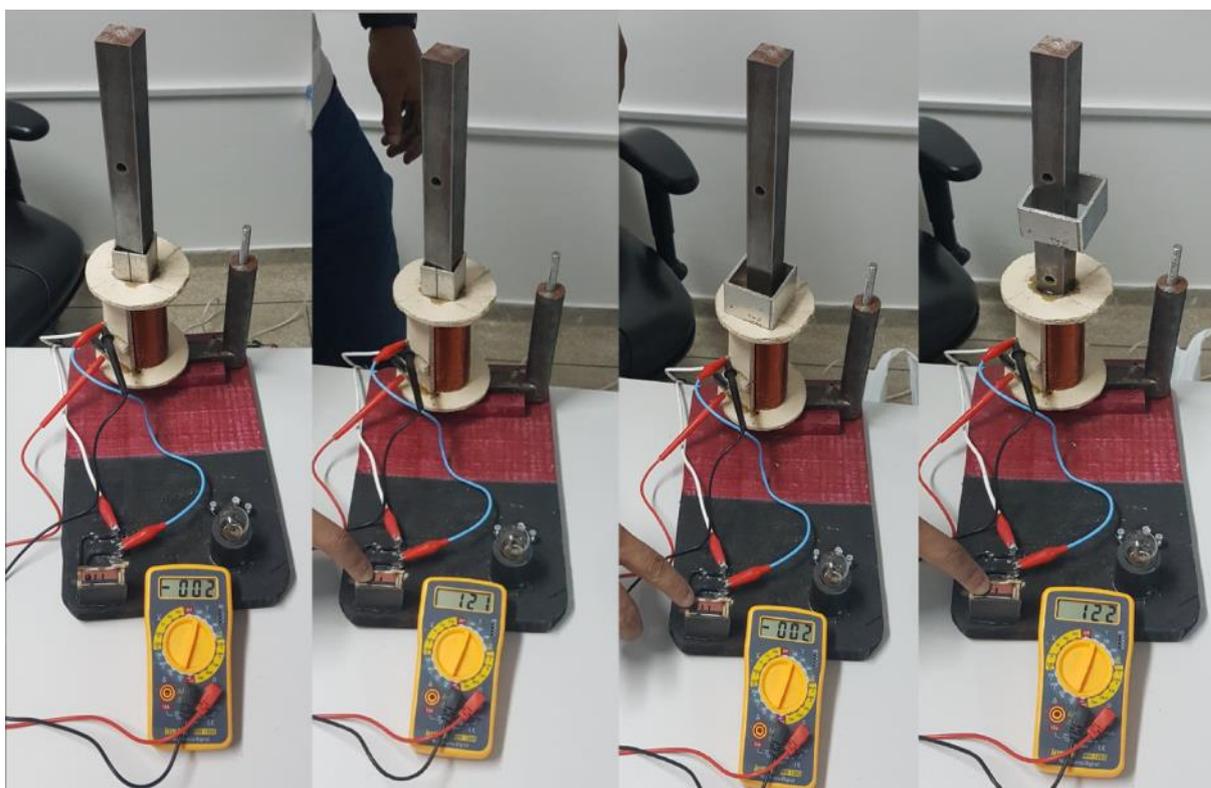
Fonte: do autor.

- Colocar o núcleo de ferro (15) sobre a base de madeira (2)
- Passar uma das extremidades do núcleo de ferro (15) dentro da bobina (11);
- Prender a barra quadrada (1) na vertical, no núcleo (15), sobre a bobina (11);

- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal da bobina (11) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);
- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante da bobina com um cabo com garras (9);
- Passar o tubo de alumínio cortado (6) na barra quadrada;
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor;
- Substituir o tubo (6) pelo tubo (7);
- Ligar o experimento novamente.

É importante promover o debate sobre os resultados do experimento e comentar sobre aplicações cotidianas desse efeito. A figura seguinte mostra o experimento em funcionamento.

Experimento “anel saltante” com espira aberta e espira fechada.



Fonte: do autor.

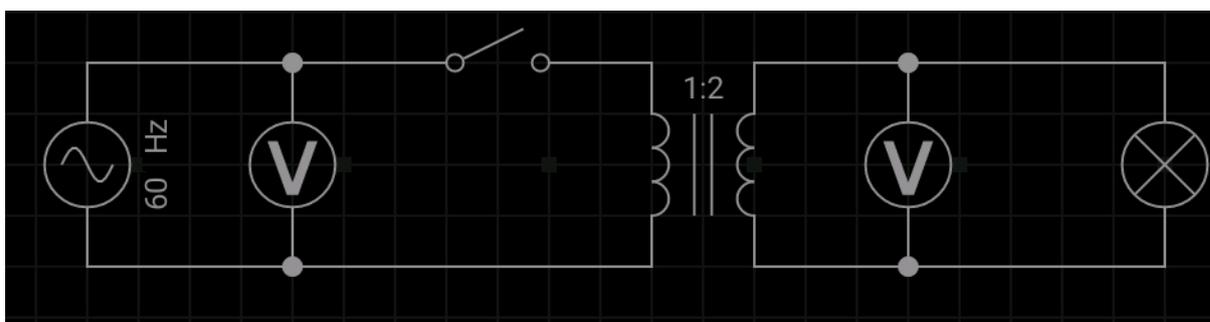
Na sequência o grupo responsável pela subestação de energia elétrica, apresentará sua pesquisa sobre o funcionamento de um transformador e seus tipos. Ao fim da apresentação será montado com o *kit* experimental, um transformador, e simular as situações propostas no roteiro do experimento.

Transformador

A evolução dos aparelhos elétricos e sua popularização têm grande contribuição do transformador. Estes possibilitam a transmissão de energia em alta tensão e baixa corrente, diminuindo perdas, e também a utilização desta energia em variadas tensões. Este experimento mostra o princípio de funcionamento de um transformador e algumas possibilidades de seu uso. É importante ressaltar que o transformador está presente no cotidiano, a saber, nos postes da rua, nos fornos de micro-ondas ou até mesmo nos carregadores de celular.

Antes de iniciar o experimento é interessante questionar os alunos sobre alguma outra aplicação do transformador, ou algum fato que envolveu o equipamento. A montagem do experimento segue o diagrama da figura seguinte.

Esquema de montagem do transformador de corrente alternada.



Para montar o experimento do transformador serão necessários os itens do kit experimental descritos abaixo:

- Item 1: Barra quadrada;
- Item 2: Base de madeira;
- Item 5: Multímetro;
- Item 8: Porcas borboleta;
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;
- Item 11: Bobina com 600 espiras;
- Item 12: Bobina com 300+300 espiras;
- Item 15: Núcleo de ferro “U”;
- Tomada com 127 ou 220 Volts.

A montagem do experimento segue os passos descritos abaixo:

- Colocar o núcleo de ferro (15) sobre a base de madeira (2);

- Passar uma das extremidades do núcleo de ferro (15) dentro da bobina (11);
- Passar a bobina (12) na extremidade restante do núcleo (15);
- Encaixar a barra quadrada (1) nos parafusos e prender firmemente com as porcas (8);
- Ligar um dos terminais da extremidade da bobina (12) a um terminal da extremidade da lâmpada (14);
- Ligar o terminal central da bobina (12) ao terminal central da lâmpada (14);
- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal da bobina (11) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);
- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante da bobina com um cabo com garras (9);
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor;
- Trocar o polo usado na lâmpada;
- Ligar o experimento;
- Acionar a bobina (12) pelos terminais da extremidade;
- Ligar o experimento.

Proceder às anotações dos experimentos, e qual efeito percebido em cada mudança na montagem, e qual motivo provável para cada uma. A Figura à seguir mostra o experimento em funcionamento.



Finalmente, haverá a apresentação do experimento “Forno de indução eletromagnética” que trata das correntes parasitas, suas aplicações e consequências, após a exibição, enfatizar que a produção e transmissão de energia elétrica estão baseadas nos conceitos de indução eletromagnética.

Forno de indução

A tecnologia vem numa evolução crescente e a necessidade de desenvolver processos de fabricação cada vez mais especializados acompanha este desenvolvimento. Durante a revolução industrial as peças das máquinas eram feitas por ferreiros ou em pequenas fundições. Porém, com o aumento da produção, a necessidade de materiais melhores e mais confiáveis foi tornando obsoletos esses meios de fabricação que expunham as matérias primas a contato com gases, e muitas vezes um controle de temperatura falho.

O forno de indução é conhecido por aquecer um determinado material sem entrar em contato direto com este, prevenindo as contaminações. Este fenômeno se deve a indução de correntes parasitas no interior do material e foi descoberto pelo físico francês Jean Bernard Léon Foucault em 1855.

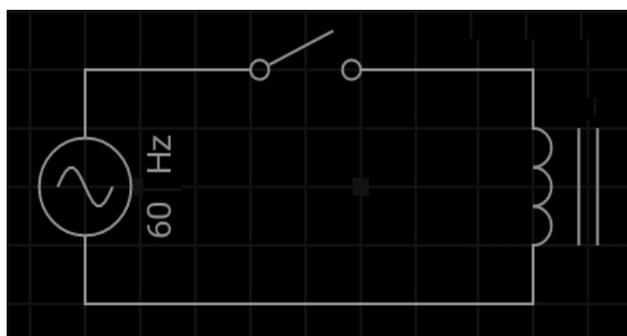
Segue abaixo os itens do kit experimental utilizados no experimento.

- Item 2: Base de madeira;
- Item 9: Cabo com garras;
- Item 10: Plugue;
- Item 11: Bobina com 600 espiras;
- Item 14: Feixe de varetas;
- Item 15: Núcleo de ferro “U”.

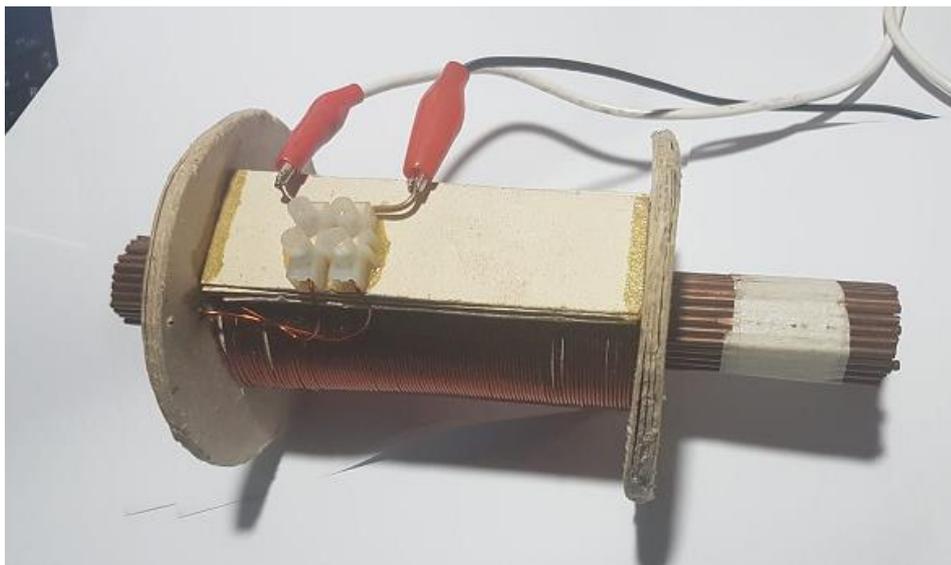
Outros materiais necessários;

- Tomada com 127 ou 220 Volts;

O diagrama seguinte mostra o esquema de montagem do experimento.



A Figura seguinte mostra a montagem final com o núcleo em varetas de aço e os passos a seguir.



- Passar uma das extremidades do núcleo de ferro (15) dentro da bobina (11);
- Prender uma das garras do plugue (10) em um terminal da bobina (11) e a outra garra em dos terminais do interruptor da base de madeira (2);
- Ligar o terminal restante do interruptor ao terminal restante da bobina com um cabo com garras (9);
- Verificar com o tato a temperatura do núcleo;
- Ligar o plugue à tomada e pressionar o botão do interruptor;
- Verificar a temperatura do núcleo de ferro (15) e substituí-lo pelo feixe de varetas (14) na bobina;
- Pressionar o interruptor por 15 segundos;
- Verificar a temperatura do feixe de varetas e comparar com a do núcleo.

9º etapa investigativa: Avaliação individual – Elaboração de Mapa conceitual e Retomada do Estudo de Caso. (2h/aula)

O Estudo de Caso “*Chegou o Verão! E problemas...*” será retomado. A as questões do Caso serão resolvidas individualmente e, na sequência, entregues ao professor.

Na segunda metade da aula o professor solicitará a confecção de novo mapa conceitual com o tema “Produção e Transporte de Energia Elétrica”, para verificar se houve indícios de aprendizagem significativa.

Cada grupo terá oportunidade de apresentar seu mapa conceitual, explicitando suas conclusões sobre o estudo realizado e comparando-as com o mapa conceitual inicial, por eles elaborados. Ao fim desta aula o professor pesquisador disponibilizará o link para os alunos responderem o questionário de avaliação da proposta didática.

Avaliação da proposta didática.

Este questionário tem o objetivo de saber sua opinião sobre a proposta didática aplicada à sua turma.

*Obrigatório

Endereço de email *

Sua resposta

1- Costuma faltar as aulas de física? *

1 2 3 4 5

sempre me ausento não me ausento

2- Tem hábito de tirar dúvidas com o professor dentro ou fora das aulas? *

1 2 3 4 5

não tiro dúvidas sempre tiro dúvidas

3- Qual seu nível de esforço para estudar física? *

1 2 3 4 5

nenhum esforço muito esforço

4- Qual o seu grau de dificuldade com a disciplina de física? *

1 2 3 4 5

muita dificuldade nenhuma dificuldade

5- Considera a utilização de experimentos feitos com materiais de baixo custo importante para compreensão do conteúdo? *

1 2 3 4 5

pouco importante muito importante

6- Os assuntos abordados foram objetivos e claros? *

1 2 3 4 5

insuficiente suficiente

7- Os conteúdos abordados tem relevância em sua vida? *

1 2 3 4 5

Pouco útil Muito útil

8- A distribuição de conteúdo ao longo da proposta foi adequada? *

1 2 3 4 5

inadequada adequada

9- A resolução de um caso baseado em fatos vividos na escola tornaram as aulas mais interessantes? *

1 2 3 4 5

pouco interessantes muito interessantes

10- Você considerou importante para a compreensão do conteúdo, o uso da maquete simulando os problemas relacionados no Estudo de Caso? *

1 2 3 4 5

pouco importante muito importante

11- Como avalia o método de ensino abordado durante a aplicação da proposta didática? *

1 2 3 4 5

péssimo ótimo

ENVIAR

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Disponível em < https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSew5N4aO-H9wf2g5NJ0X8GCu1m3ULikPYHt535wDpl3mRbjw/viewform?vc=0&c=0&w=1&usp=mail_form_link >

